

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年8月26日 (26.08.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/073225 A1

(51) 国際特許分類: H04J 14/02, H04B 10/20, H04L 12/44

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001600

(22) 国際出願日: 2004年2月13日 (13.02.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2003-35188 2003年2月13日 (13.02.2003) JP

特願2003-145228 2003年5月22日 (22.05.2003) JP

特願2003-151474 2003年5月28日 (28.05.2003) JP

特願2003-296582 2003年8月20日 (20.08.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

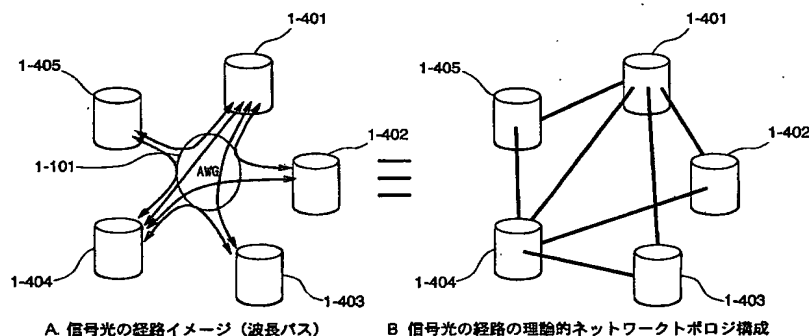
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田野辺 博正 (TANOBE, Hiromasa) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岡田 顕 (OKADA, Akira) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 野口 一人 (NOGUCHI, Kazuto) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 松岡 茂登 (MATSUOKA, Morito) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 坂本 尊 (SAKAMOTO, Takashi) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 森脇 摂 (MORIWAKI, Osamu) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION NETWORK SYSTEM

(54) 発明の名称: 光通信ネットワークシステム



A...SIGNAL LIGHT PATH IMAGE (WAVELENGTH PATH)  
B...LOGICAL NETWORK TOPOLOGY CONFIGURATION OF SIGNAL LIGHT PATH

(57) Abstract: An optical communication network system configured as follows. An array waveguide diffraction grating outputs a signal light input to an input port, to a predetermined output port according to its wavelength. The array waveguide diffraction grating is connected via an optical fiber to a plurality of communication node devices. The correspondence relationship between the wavelength of the signal light used for communication by the communication node devices and the I/O port of the array waveguide diffraction grating is set so that the communication node devices constitute a predetermined logical network topology. The communication node devices have means for switching/setting the wavelength of the signal light used for communication. With a simple network configuration, it is possible to realize flexible network design, building, and operations to easily connect different networks each other, and realize at a low cost an optical communication network system having robust security and capable of stable operation even when a trouble has occurred.

(57) 要約: 入力ポートに入力された信号光をその波長に基づいて所定の出力ポートに出力するアレイ導波路回折格子に光ファイバを介して接続された複数の通信ノード装置によって所定の論理的ネットワークポロジを構成するように通信ノード装置が通信に用いる信号光の波長とアレイ導波路回折格子の入出力ポートの対応関係を設定し、通信ノード装置に、通信に用いる信号光の波長を切り替え設定する手段を備えた光通信ネットワークシステム。シンプルなネットワーク構成の上で、柔軟なネットワーク設計・構築・運用を簡便に実現し、異なったネットワーク同士も容易に相互接続することが可能であり、頑強なセキュリティを有し且つ障害発生時にも安定に動作可能な光通信ネットワークシステムを低コストに実現する。



(74) 代理人: 志賀 正武 (SHIGA, Masatake); 〒104-8453 東京都中央区八重洲2丁目3番1号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書・説明書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## 光通信ネットワークシステム

## 技術分野

本発明は、地域行政ネットワークに導入される地域分散 i D C（インターネットデータセンタ）、I X（インターネットエクスチェンジ）ネットワークに適用し、N入力N出力（Nは2以上の整数）の波長周回性アレイ導波路回折格子（AWG）に接続されるM個（Mは2以上M以下の整数）の通信ノード装置において、通信ノード装置間接続に使用する光信号の波長を変更することにより、論理的ネットワークトポロジを容易に変更可能な光通信ネットワークシステム及びその波長可変光源部、受信波長可変受信部が導入された通信ノード装置並びに中央処理装置及びそのコンピュータプログラムに関するものである。

## 背景技術

従来、光通信ネットワークを流通するトラヒック量は刻々と変化し、データセンタに代表されるようにその量も爆発的に増大している。さらに、光通信ネットワークに収容する通信ノード装置の数や、データの種類も多種多様になりつつあり、そのネットワークトポロジや接続形態、あるいはトラヒック収容量もダイナミックに変化させることが必要となってきた。例えば、志村近史、“電子自治体推進のための自治体共同利用 I D C 事業化の提案,” 野村総研 地域経営ニュースレター、vol.34, June, 2001 に示される現在の地域公共ネットワークにおいては異なるネットワークトポロジを持つ自治体ネットワークの相互接続あるいは、新規通信ノードの追加や通信ノードの廃止、組織統合や組織拡大に伴うネットワークトポロジの変更、障害回避のための波長パス変更等をダイナミックに実施する要求がある。また、異なったネットワークトポロジを有したネットワーク同士をセキュリティを確保しつつ結合していくこと、信号の形式や運用ポリシーが異なるネットワークをシンプルに且つ低コストで重畳させ、低コストに運用することが強く求められている。そこでは、波長周回性アレイ導波路回折格子（AWG）とそれに光ファイバなどの光導波路によって物理的にはスター状に接続される光通信ネットワーク（K.Kato et al, “32x32 full-mesh (1024 path) wavelength-routing WDM network based on uniform-loss cyclic-frequency arrayed-waveguide grating”, Electronics Letters, vol. 36, 1294-1296, 2000 参照）においては、通信ノード装置に導入される波長可変光源部、受信波長可変受信部によって、通信ノード間接続で使用する光信号の波長を変化させることによって、選択的に任意の通信ノードとの接続が実現される任意に論理的ネットワークトポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムが期待されている。

一方で、これまでの検討では伝送路となる光ファイバなどの光導波路の接続形態が物理的にリングトポロジを持つネットワークにおいて進められている（例えば、特開 2001-285323 号公報、特開平 7-202845 号公報、特開 2001-184408 号公報）。

例えば、特開平 7-202845 号公報に開示される通信ノード装置は、図 4-37 に示すように構成され、分波器 (4-1) は、入力してくる光信号を波長に依らずに 2 つに分割するものであり、光ファイバ中を伝送される 8 つの波長の光信号を入力し、フィルタ 4-2 と、固定波長受信部 A (4-4) と、固定波長受信部 B (4-11) に出力する。

フィルタ 4-2 は、分波器 4-1 から出力される 8 つの波長の光信号のうち、当該通信端末が送受信する 2 波長  $\lambda_s$  (短い方の波長)、 $\lambda_e$  (長い方の波長) を遮断し、他の波長を透過する機能を有している。

合波器 4-3 は、フィルタ 4-2 から透過された 6 つの波長の光信号と、波長可変送信部 A (4-7) と波長可変送信部 B 14 から出力される 2 つの波長 ( $\lambda_s$ 、 $\lambda_e$ ) の光信号を、合波し、図示しない光ファイバに送出する。送出された光信号は、図示しない光ファイバを介して、隣接する通信ノード装置の分波器 1 に入力される。

固定波長受信部 A (4-4) は、固定波長フィルタと、フォトディテクタから成り分波器 4-1 から出力される 2 つの波長の光信号 ( $\lambda_s$ 、 $\lambda_e$ ) のうち、波長  $\lambda_s$  の光信号のみを受信し、電気信号に変換する機能を有している。同様に固定波長受信部 B (4-11) は、波長  $\lambda_e$  の光信号のみを受信し、電気信号に変換する。

セレクト A, B (4-5、4-12) はそれぞれ、受信したデータに付与されている受信あて先情報を参照し、受信データが、自通信ノード装置宛であれば、受信データをデータ処理部に出力する。また、受信データが、自通信ノード装置宛でなく、中継を行うものである場合は、受信あて先情報に応じて、記憶部 A、B の所定のデュアルポートメモリに出力する。

記憶部 A、B (4-6、4-13) は、送信波長の指定のあるデータに対応して送信波長ごとに、2 個のデュアルポートメモリを送信波長の指定のないデータに対応して 1 つのデュアルポートメモリを有している。

波長可変送信部 A、B (4-7、4-14) はそれぞれ、波長  $\lambda_s$  と波長  $\lambda_e$  の 2 つの波長で伝送データを光信号に変換して送出する機能を有している。波長可変送信部 A (4-7) と、固定波長受信部 A が対となっており、波長可変送信部 4-14 と固定波長受信部 B (4-11) が対である。

通信ノード装置のデータ処理部 4-8 は、他の通信ノード装置から送信されて来たデータに所望の処理を行うとともに、自通信ノード装置から他通信ノード装置に送信すべきデータに、受信宛て先情報の付与等の処理を行い、記憶部 A (4-6) 又は記憶部 B (4-13) に出力する。

送信終了検出部 4-9 は、記憶部 A (4-6) 及び記憶部 B (4-13) の各デュアルポートメモリに記憶されているデータの送信終了を検出し、波長制御部 4-10 に波長切替信号を出力する。波長制御部 4-10 は波長可変送信部 A、B で用いられる後述するチューナブルレーザダイオード (以下 TLD) の注入電流を制御することによって、発振波長を  $\lambda_s$  と  $\lambda_e$  に制御する。



しかしながら、ネットワーク設計時やネットワーク構成変更時における論理的ネットワークトポロジの変更、新規通信ノード装置の追加や通信ノード装置の廃止、そして障害回避での論理的ネットワークトポロジの変更では複数の異なる仮想LAN (VLAN) をそれぞれ異なる論理的ネットワークトポロジとして構成する手法があるものの、各種の設定に複雑さが存在し、数ヶ月から半年程度の工期を必要とすると共に、この作業に手間を要し人為的ミスによるネットワークの崩壊等につながる危険性の問題点があった。また、トラフィック流量に応じた経路選択を実現可能なトラフィックエンジニアリング (TE) 等の技術によってネットワークへ与える負荷に応じた論理的ネットワークトポロジの変更が可能であるものの、ライブコンサート映像の配信や災害時の情報提供等において予想を超えるトラフィックを発生するケースが考えられ、本技術においてもネットワーク設定作業の複雑さ、および安定なネットワークの運用課題が残されており、光ファイバの接続構成によって決められる物理的ネットワークトポロジの見直しや変更に至るケースも少なくなかった。

また、波長多重通信 (WDM) 技術による波長パスを使用した論理的ネットワークトポロジの変更においても同様であり、この作業にも手間を要し、動的かつ高速で変更可能な論理的ネットワークトポロジの変更は比較的困難であった。

これらの課題に対処するため自動化する際にあたっては中央制御装置による一括管理方式あるいは装置単体に設定を与える方式が一般であるものの、前者では通信ノード装置に備えられる波長可変光源や波長可変フィルタの制御に多種の制御情報が必要となるため、トポロジの変更を実施するに当たって通信ノード装置数の増大と共に中央制御装置への負荷が増大してしまい、速やかなトポロジの変更を困難にしており、後者ではネットワークの初期構成時あるいはトポロジ変更におけるネットワークの構成変更時において異なる通信ノード装置に対して個別に波長可変光源や波長可変フィルタの設定を与える必要があり、ネットワーク管理者の負担が生じていた。

また、制御手法が明記された上記の特開平 7-202845 号公報記載のネットワークシステムにおいては、他の通信ノード装置との接続に使用する信号光の波長の検索および決定にかかわる制御を通信ノード装置において自律的に実施させているものの、使用する 2 波長を連続した隣接する波長として制限しているだけでなく、2 波長以上の複数波長を使用してより多数の通信ノード装置との接続を考慮した際、図 4-37 に示した通信ノード装置内でのデータ処理部 4-8 で必要とする処理時間の拡大が懸念される。

しかし、実際の光通信ネットワークシステムでは、トラフィックパターンの変化やネットワークのより効率的な利用に基づいてトポロジ変更を迅速に実施する必要があり、トポロジ変更を開始してから完了までに要する時間が長いことはネットワークの安定なる運用面において好ましいとは言えず、高速なトポロジ変更が可能であることが望まれていた。

本発明の目的は上記の問題点に鑑み、地域公共ネットワーク等での分散 IDC (インターネットデータセンタ) や IX (インターネットエクスチェンジ) ネットワークに適用可能な、アレイ導波路回折格子 (AWG) の波長ルーティング機能と、AWG に光ファイバ

などの光導波路によって物理的にはスター状に接続される通信ノード装置に実装された波長可変光源で実現される論理的ネットワークポロジ可変ネットワークシステムの導入及び利用の促進を図ることができる任意論理的ネットワークポロジ可変ネットワークシステム及びその中央制御装置並びに波長可変光源部、受信波長可変受信部が導入された通信ノード装置及びそのコンピュータプログラムを提供し、

全ての通信ノード装置の時刻同期を中央制御装置によって実施可能とし、論理的ネットワークポロジの変更に必要な通信ノード装置の送信信号波長情報、受信信号波長情報をトポロジ変更時刻情報と共に中央制御装置から通信ノード装置に伝達し、論理的ネットワークポロジ変更時刻に達した際には通信ノード装置が自律的に送信波長、受信波長を高速に変更可能な実際の光通信ネットワークシステムを提供することに有る。

#### 発明の開示

上記課題を解決するため、本発明の一つの態様によれば、 $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) の入力ポートと  $N$  個の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を中心に、幾何学的にスター型となる物理的スタートポロジとなるように  $M$  個 ( $M$  は 2 以上、 $N$  以下の整数) の通信ノード装置を光伝送路によって接続して構成された光通信ネットワークシステムであって、前記通信ノード装置は、通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光 (以下、「本信号光」という) の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるために、該本信号光の波長を切り替える波長切替手段を備える光通信ネットワークシステムが提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、通信ノード装置が少なくとも一つ以上の論理的ネットワークポロジに所属し、且つ、互いに独立の前記論理的ネットワークポロジを 2 つ以上構成可能なようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記波長切替手段は、所定の論理的ネットワークポロジに属する前記通信ノード装置を他の論理的ネットワークポロジに接続或いは移設するときに、本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、2 つ以上の通信ノード装置によって論理的ネットワークポロジを一つ構成し、前記波長切替手段は、当該通信ノード装置のすべてが所定の時期に前記論理的ネットワークポロジと異なる新たな論理的ネットワークポロジを構成するように本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記論理的ネットワークポロジが幾何学的にリング形状を有する論理的リングネットワークポロジ、あるいは、スター形状を有する論理的スターネットワークポロジ、あるいは、メッシュ形状を有する論理的メッシュネットワークポロジのうちの少なくとも何れかの 1 種類を構成しており、あるいは、それらが混在した論理的ネットワークポロジを構成しているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記波長切替手段は、出力波長を変化することが可能な波長可変光源部、受信波長を選択可能な受信波長可変受信部から構成され、前記波長可変光源部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が波長可変レーザと変調器を直列に接続あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらが $L \times 1$ 光カプラによって接続された構成を持つと共に、上記受信波長可変受信部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が直列に接続された光受信器と所望の波長のみ透過する波長可変フィルタからなり、前記 $L$ 個の光素子が $L \times 1$ 光カプラに接続された構成を持つようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記波長切替手段は、出力波長を変化することが可能な波長可変光源部、受信波長を選択可能な受信波長可変受信部から構成され、前記波長可変光源部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が半導体レーザと変調器を直列に接続あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらの光素子が直列接続された $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 合波器に対して直列に接続された構成を持つと共に、前記受信波長可変受信部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光受信器が $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 合波器に対して直列に接続された構成を持つようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、通信端末装置と接続可能な $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の通信端末光入出力ポートを持ち、該通信端末光入出力ポートは通信端末光入力ポートと通信端末光出力ポートから構成され、該 $L$ 個の通信端末光入力ポートからの信号光を電気信号に変換する $L$ 個の光電気変換器を有し相互が接続され、該 $L$ 個の光電気変換器からの出力電気信号が前記波長可変光源部に入力されるように接続され、前記受信波長可変受信部を構成する $L$ 個の受信機からの出力電気信号を光信号に変換する電気光変換器を有すると共に、変換された該光信号を該 $L$ 個の通信端末光出力ポートから出力されるように、光ファイバなどの光導波路によって接続された構成を持つようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、通信端末装置と接続可能な $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の通信端末光入出力ポートを持ち、該通信端末光入出力ポートは通信端末光入力ポートと通信端末光出力ポートから構成され、該 $L$ 個の通信端末光入力ポートは光信号を電気信号に変換する $L$ 個の光電気変換器、 $2L \times 2L$ スイッチに直列に接続され、該 $L$ 個の通信端末光出力ポートは電気信号を光信号に変換する $L$ 個の電気光変換器、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチに直列に接続され、さらに、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチと前記波長可変光源部、および受信波長可変受信部が接続され、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチでの所定の動作によって、前記アレイ導波路回折格子（AWG）から前記通信ノード装置に届く信号光を、前記通信ノード装置と物理的に接続された通信ノード端末に送ることなく前記通信ノード装置において波長変換を行って前記アレイ導波路回折格子（AWG）へと再度送信可能なようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記各通信ノード装置と前記

アレイ導波路回折格子は入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータをそれぞれ備え、前記通信ノード装置に備えられるサーキュレータの入出力ポートを前記受信波長可変受信部、前記波長可変光源部に光ファイバなどの光導波路によってそれぞれ接続し、前記アレイ導波路回折格子（AWG）に備えられるサーキュレータの入出力ポートを、AWGの出力ポート、入力ポートにそれぞれ接続し、前記通信ノード装置、前記AWGに備えられるサーキュレータの共通ポートのそれぞれを一心の光ファイバなどの光導波路によって接続することによって、各通信ノード装置とAWGがそれぞれ一心の光ファイバなどの光導波路で接続されるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記アレイ導波路回折格子（AWG）が、波長周回性を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は前記アレイ導波路回折格子（AWG）に接続された異なる2つの波長パスを有し、通信ノード装置を2個以上含む前記論理的ネットワークトポロジとして論理的リングネットワークトポロジが形成されるようにする。

好ましくは、前記論理的リングネットワークトポロジを構成する前記通信ノード装置のそれぞれが逆方向通信が可能な2つの通信経路を有し、前記波長切替手段は、一方の通信経路が切断された場合に、他方の通信経路から入力して前記一方の通信経路へ出力する信号光を、前記他方の通信経路に折り返して送信できるように新たな論理的リングネットワークトポロジを構成するように本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、前記論理的リングネットワークトポロジに属する通信ノード装置のそれぞれが逆方向通信が可能な2つの通信経路を有し、前記波長切替手段は、一方の通信経路を用いて通信を行う通信ノード装置との通信が不能になった場合に、該通信不能になった通信ノード装置を回避して任意の通信ノード装置と通信できるように新たな論理リングネットワークトポロジを構成するように本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、中央制御装置を更に備え、前記中央制御装置は、前記通信ノード装置に対して波長変更情報を含む制御信号を送信し、前記通信ノード装置から通信状態情報を含む制御信号を受信する制御手段を含み、前記通信ノード装置の波長切替手段は、前記中央制御装置から受信した前記制御信号に基づいて本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、前記各通信ノード装置で送受信される前記制御信号の波長が、前記本信号光の波長帯域と異なる波長に設定されており、前記通信ノード装置は、前記本信号光と、前記制御信号の信号光とを合波する合波手段と、前記本信号光と前記制御信号の信号光とが合波された状態の信号光から本信号光と前記制御信号の信号光と分波する分波手段とを具備したWDMカプラを備え、前記アレイ導波路回折格子（AWG）は、前記中央制御装置からの制御信号の光信号をアレイ導波路回折格子（AWG）から出力される本信号の信号光と合波する合波手段と、各通信ノードから送信されてくる前記本信号光と前記制御信号の信号光とが合波された状態の信号光から前記本信号光と前記制御信号の信号光と分波す

る分波手段を有するWDMカプラを備え、前記本信号光が使用する光伝送路が前記制御信号の光伝送路として共有されるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置と前記中央制御装置との間において、前記制御信号を前記主信号光を伝送する通信経路と物理的に分離して伝送するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は、装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられ、波長のデータを保持するノードデータベースと、前記本信号光の波長が切り替わった際に、前記ノードデータベースのデータを更新する手段とを更に有すると共に、前記中央制御装置は、装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられ、全ての前記通信ノード装置における波長のデータを保持する中央データベースと、前記通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記中央データベースのデータを更新する手段とを更に有するようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、前記ノードデータベースに使用可能波長帯域と、現在使用されている全ての波長、それぞれの波長における信号光の送信強度状態、受信強度状態、前記通信ノード装置同士間での接続状態、及び現在接続している論理トポロジのそれぞれの情報を保持し、前記中央制御装置の要求に応じて前記情報を前記中央制御装置に通知する手段を備えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、それぞれの波長における信号光の送信強度状態と受信強度状態を常に監視すると共に、これらの状態に異常が発生したときにその異常を検出して前記中央制御装置に通報する手段を有し、前記中央制御装置は、全ての前記通信ノード装置同士間の接続状態、前記波長可変光源装置でのそれぞれの波長における信号光の送信強度状態、受信強度状態の異常を検出して前記全ての通信ノード装置に異常情報を共有させる手段を備えるようにする。

好ましくは、前記中央制御装置は、通信ノード装置が現在接続している論理的ネットワークトポロジから別の異なる論理的ネットワークトポロジへの接続変更要求を含んだ制御信号を受信した際に、前記中央データベースに問い合わせして演算することにより適合するか否かの判定を行い、前記判定の結果、適合する場合に、前記論理トポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置の接続している論理的ネットワークトポロジ内の全ての前記通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の離脱及び波長再設定の通知を含んだ制御信号を送信すると共に、前記論理的ネットワークトポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置の異動先となる論理トポロジ内の全ての通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の参加ならびに波長の再設定の通知を含んだ制御信号を送信する手段とを備えるようにする。

好ましくは、前記中央制御装置は、特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大しネットワーク負荷が発生し、前記通信ノード装置間での帯域増速の要求を含む制御信号

を受信した場合、前記中央データベースに問い合わせた新たな波長パス形成のための演算することによって前記帯域増速が可能であるか否かの判定を行い、前記通信ノード装置がこれまで論理的に接続していなかった他の通信ノード装置を経由することによって構成される迂回波長パスを設定するための波長の再設定の通知を含む制御信号を、それぞれの通信ノード装置に送信して前記迂回波長パスの設定を実施する手段、或いは、特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大しネットワーク負荷が発生し、前記通信ノード装置間での帯域増速の要求を含む制御信号を受信した場合、前記中央データベースに問い合わせた新たな波長パス形成のための演算することによって前記帯域増速が可能であるか否かの判定を行い、前記通信ノード装置が接続していない他の論理トポロジに接続された通信ノード装置の未使用波長を使用することによって迂回波長パスを新たに設けるための波長の再設定の通知を含む制御信号を、それぞれの通信ノード装置に送信して前記迂回波長パスの設定を実施する手段のうちの少なくとも何れか一方を備えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、各通信ノード装置の計時時刻を同期させる時刻同期手段と、本信号光の新たな波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段とをさらに有し、前記波長切替手段は、前記論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、前記中央制御装置は、各前記通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を更に備えるとともに、前記制御部は、各前記通信ノード装置の本信号光の新たな波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報を生成するとともに、個別あるいは一斉に前記通信ノード装置に送信する手段を備え、前記通信ノード装置は、前記中央制御装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段と、前記中央制御装置から送信された前記波長変更情報と前記論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報とを受信および記憶する情報記憶手段とを備え、前記波長切替手段は、前記論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置のうち特定の通信ノード装置は、他の通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を備え、前記他の通信ノード装置は、前記特定の通信ノード装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段を備え、前記特定の通信ノード装置は、前記通信ノード装置の本信号光の波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含むネットワークトポロジ変更時刻情報を生成、および前記通信ノード装置に個別あるいは一斉に送信する手段を備え、前記他の通信ノード装置は、前記特定の通信ノード装置から受信した波長変更情報とネットワークトポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段を備え、前記他の通信ノード装置の波長切替手段は、前記ネットワークトポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替えるようにする。

本発明の別の態様によれば、 $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) の入力ポートと  $N$  個の出力ポートを有しそれぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を中心に、幾何学的にスター型となる物理的スタートポロジとなるように光伝送路によって接続して構成された  $M$  個 ( $M$  は 2 以上、 $N$  以下の整数) の通信ノード装置と接続された中央制御装置であって、前記中央制御装置は、前記通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光 (以下、「本信号光」という) の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるために、前記通信ノード装置に対して該本信号光の波長変更情報を含む制御信号を送信して本信号光の波長を切り替えさせるとともに、前記通信ノード装置から通信状態情報を含む制御信号を受信する制御手段を含むことを特徴とする中央制御装置が提供される。

本発明のさらに別の態様によれば、 $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) の入力ポートと  $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を介して、 $M$  個 ( $M$  は 1 以上、 $N-1$  以下の整数) の他の通信ノード装置と接続された通信ノード装置であって、他の各通信ノード装置の計時時刻を同期させる時刻同期手段と、他の通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光 (以下、「本信号光」という) の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるための本信号光の新たな波長変更情報とその波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段と、前記波長変更情報と前記論理的ネットワークポロジ変更時刻に基づいて、本信号光の波長を切り替える波長切替手段とを備えたことを特徴とする通信ノード装置が提供される。

本発明の光通信ネットワークシステムは、通信ノード装置に配置した波長可変光源と、光スイッチ、あるいは波長可変フィルタによって光路をダイナミックに変更することにより通信相手や論理的ネットワークポロジをダイナミックに再構成し、当該通信ノード装置と波長周回性アレイ導波路回折格子 (AWG) との間で信号光と制御信号とが同一光伝送路中を送受信可能なネットワークにおいて、ネットワークを一元管理する中央制御装置、あるいは通信ノード装置からトポロジ変更を可能にするとともに、任意の通信ノード装置からのトポロジ変更要請の競合制御を可能とし、全ての通信ノード装置の時刻同期によってスケジューリングされた指定時刻において高速にトポロジ変更されることを可能にする。

また、本発明の中央制御装置及び通信ノード装置を用いることにより上記の光通信ネットワークシステムを容易に構成することができる。

本発明の別の態様によれば、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の整数) の入力ポートと  $m$  個 ( $m$  は 2 以上の整数) の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光を、該信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子と、1 個 ( $1$  は 2 以上の整数) の通信ノード装置と、そして更に前記通信ノード装置と前記アレイ導波路回折格子とを物理的に接続して通信経路を形成する光ファイバとを

備え、2つ以上の前記通信ノード装置によって所定の論理的ネットワークポロジを構成するように前記通信ノード装置が通信に用いる信号光の波長と前記アレイ導波路回析格子の入出力ポートの対応関係が設定されており、前記通信ノード装置は通信に用いる信号光の波長を切り替え設定する手段を有している光通信ネットワークシステムが提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、2つ以上の前記通信ノード装置によって構成される前記論理的ネットワークポロジを2つ以上有し、所定の論理的ネットワークポロジに属する通信ノード装置を他の論理的ネットワークポロジに接続或いは移設するときに該通信ノード装置が通信に用いる信号光の波長を切り替える波長切替手段を有するようにする。

好ましくは、前記波長切替手段は、前記通信ノード装置に設けられた多波長光源アレイ、異なる波長の信号光を送受信する複数のトランシーバ、波長可変光源のうちの何れかを備えて構成されるようにする。

好ましくは、前記波長切替手段は、前記通信ノード装置に設けられ、受信側に所定波長の光のみを通過させる可変波長フィルタを備えて構成されるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、互いに独立した論理的ネットワークポロジを2つ以上有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記論理的ネットワークポロジとして、論理的リングネットワークポロジ、論理的スターネットワークポロジ、論理的メッシュネットワークポロジのうちの少なくとも何れか1種類を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、互いに通信可能に接続された2つ以上の前記アレイ導波路回析格子を備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は前記アレイ導波路回析格子に接続された異なる2つ以上の通信経路を有し、該通信端末或いは通信ノード装置を2個以上含む前記論理的ネットワークポロジとして論理的リングネットワークポロジが形成されているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は、前記アレイ導波路回析格子に接続された異なる2つ以上の通信経路を主通信経路とし、該主通信経路と同様に構成された副通信経路を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記論理的ネットワークポロジとして論理的リングネットワークポロジが形成されており、前記論理的リングネットワークポロジに属する通信ノード装置のそれぞれにおいて、正方向と逆方向の通信が可能な2つの通信経路を有し、前記通信ノード装置は一方の通信経路が切断された場合に他方の通信経路から入力して、前記一方の通信経路へ出力する信号光を前記他方の通信経路に折り返して送信する手段を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記論理的ネットワークポ



ロジーとして論理的リングネットワークポロジが形成されており、前記論理的リングネットワークポロジに属する通信通信ノード装置のそれぞれにおいて、正方向と逆方向の通信が可能な2つの通信経路を有し、前記通信ノード装置は、一方の通信経路を用いて通信を行う通信ノード装置との通信が不能になった場合に、該通信不能になった通信ノード装置を回避して任意の通信ノード装置と通信できるように信号光の波長を切替設定する手段を備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置と前記アレイ導波路回折格子の光入出力ポートのそれぞれに光サーキュレータを配置し、前記光サーキュレータの共通ポートを光ファイバによって接続することにより、各通信ノード装置が前記アレイ導波路回折格子に対して1芯の光ファイバで接続されているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記アレイ導波路回折格子が、波長周回性のアレイ導波路回折格子（AWG）からなるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置が具備する前記波長切替手段を制御および管理するための中央制御装置を配置し、前記中央制御装置が具備する管理用送受信器と、前記通信ノード装置が具備する管理用送受信器を互いに接続することによって管理用信号を送受信できるようにする。

好ましくは、前記各通信ノード装置とアレイ導波路回折格子は、前記各通信ノード装置間で伝送される本信号の信号光と前記管理用信号の信号光とを合波する合波手段と、前記本信号の信号光と前記管理用信号の信号光とが合波された状態の信号光から前記本信号の信号光と前記管理用信号の信号光と分波する分波手段とを備え、前記管理用信号光の信号光を伝送する経路を本信号の信号光を伝送する光ファイバと物理的に共有しているようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置と前記中央制御装置との間において、前記管理用信号の信号光を前記本信号の信号光を伝送するネットワークとは異なる通信経路を介して伝送するようにする。

本発明の別の態様によれば、通信ノード装置はルータや計算機等の通信端末装置と接続するための通信端末装置側光入出力ポート、及び他の通信ノード装置との信号光の送受信インタフェースとして機能するWDM光入出力ポート、及び制御信号入出力ポートの3種の光入出力ポートを備え、2台以上の前記通信ノード装置の前記WDM光入出力ポートを光信号の波長に従って該光信号の波長ルーティングを行うアレイ導波路回折格子の光入出力ポートに光ファイバなどの光導波路によって物理的に接続し、さらに、前記通信ノード装置が具備する1つ以上の波長可変光源の発振波長、及び、波長可変フィルタの透過波長を遠隔制御するために備えられた中央制御装置の制御信号入出力ポートを前記通信ノード装置が備える制御信号入出力ポートと接続し、前記中央制御装置から前記通信ノード装置が備える前記波長可変光源、前記波長可変フィルタの発振波長、透過波長のそれぞれを制御することにより、前記通信端末装置が論理スタートポロジ、あるいは論理リングトポ

ロジ、あるいは論理メッシュトポロジ、あるいは、それらが混在した論理トポロジネットワークのうちの少なくとも何れか1つを構成可能な、分散iDC（インターネットデータセンタ）ネットワークや分散IX（インターネットエクスチェンジ）ネットワークを構築するネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられたノードデータベースを備えると共に、前記ノードデータベースは前記通信ノード装置において使用可能な波長リスト、ならびに現在使用している使用波長リストを記録する手段と前記波長ルーティングによる前記通信ノード装置同士間の接続が切替わった際での信号光の波長の変化を前記ノードデータベースの使用波長リストにおいて更新する手段を備え、さらに、前記通信ノード装置は前記通信ノード装置と前記通信端末装置との間の接続状態を監視する手段とを有し、

前記中央制御装置は、装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられた中央データベースを備え、前記中央データベースは全ての前記通信ノード装置において現在使用している信号光の波長を表す使用波長リストの登録、ならびに、前記波長ルーティングによる前記通信ノード装置同士間の接続が切替わった際での信号光の波長の変化を前記使用波長リストに更新する手段を備え、さらに、前記中央制御装置は信号光の波長ごとの光送信強度状態及び光受信強度状態を監視し監視情報を前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置同士間での接続状態を監視し前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置と前記通信端末装置間での接続状態を監視し前記中央データベースに記録する手段を備え、さらに、前記中央制御装置は前記通信ノード装置同士間で接続している波長信号の切断を制御する手段と、前記通信ノード装置同士間の接続に使用している波長の変更を制御する手段とを有することを特徴とするトポロジ可変ネットワークシステムが提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置は、前記通信端末装置側光入出力ポートを通じて前記通信端末装置から入力される光信号を電気信号に変換する、あるいは、電気信号を光信号に変換し前記通信端末装置に送出する電気-光変換器を $2N$ 個（ $N$ は2以上の整数）備え、前記 $2N$ 個の電気-光変換器は前記通信ノード装置に配置される $2N \times 2N$ スイッチの $N$ 個の出力ポートは $N$ 個の波長可変光源、 $N$ 個の光受信器と直列に接続され、前記 $N$ 個の波長可変光源は通信ノード装置に配置される $N \times 1$ 光カプラ、前記WDM光入出力ポートと直列に接続され、前記 $2N \times 2N$ スイッチの $N$ 個の入力ポートは通信ノード装置に配置される $N$ 個の光受信器、 $N \times 1$ 分波器、そしてWDM光入出力ポートに直列に接続される。前記アレイ導波路回折格子から前記WDM光入出力ポートへと到達してくる光信号を前記 $N \times 1$ 分波器-前記光受信器-前記 $2N \times 2N$ 電気スイッチ-前記波長可変光源-前記 $N \times 1$ 光カプラ-前記WDM光入出力ポートの順に辿る経路になるように前記 $2N \times 2N$ スイッチの制御を行い、信号光を前記通信端末装置に到達させることなく、信号光の波長を変換して前記アレイ導波路回折格子に再度送受信する手段を備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、全ての通信ノード装置間との制御信号インタフェースとなる制御信号入出力ポートと、前記制御信号入出力ポートを介して前記通信ノード装置との間で制御信号の送受信を行う制御信号送受信処理手段と、前記制御信号に基づいて全ての通信ノード装置の状態を監視する監視手段と、前記監視結果に基づいて、ネットワークにおいて使用されている各通信ノード装置の波長パス毎に料金計算を行う料金計算手段と、トポロジ管理者端末とのインタフェースとなる表示制御手段とを備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置における、使用可能波長帯域と、現在使用されている全ての波長、それぞれの波長信号での送信強度状態、受信強度状態、前記通信ノード装置同士間での接続状態、及び現在接続している論理トポロジのそれぞれの情報を、前記中央制御装置の要求に応じて前記通信ノード装置のノードデータベースから読み取り、前記中央制御装置に通知する手段を備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、全ての前記通信ノード装置同士間の接続状態、前記通信ノード装置での波長信号の光送信強度状態、光受信強度状態の異常を検出して、全ての前記通信ノード装置に通報する手段を有し、前記通信ノード装置は、波長信号の光送信強度状態と光受信強度状態を常に監視すると共に、これらの状態に異常が発生したときにその異常を検出して前記中央制御装置に通報する手段を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、論理的リングネットワークトポロジが構成されている場合、所定の通信ノード装置に接続されている通信端末装置における障害、あるいは、所定の通信ノード装置における障害、あるいは、所定の通信ノード装置と前記アレイ導波路回折格子（AWG）を接続している光導波路での切断障害のうちの何れかが発生したときに、前記中央制御装置から、障害が発生した通信ノード装置に対して波長可変光源をシャットダウンする命令を通知すると共に、障害が発生した通信ノード装置に接続している最近接に隣接した2つの通信ノード装置のそれぞれに対して障害が発生した通信ノード装置を迂回するための波長配置を変更する命令を通知して、前記障害が発生した通信ノード装置を迂回した論理リングトポロジを再構成する手段を備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、論理的リングネットワークトポロジが構成されている場合、所定の通信ノード装置に接続されている通信端末装置における障害、あるいは、所定の通信ノード装置における障害、あるいは、所定の通信ノード装置と前記アレイ導波路回折格子（AWG）を接続している光導波路での切断障害のうちの何れかが発生したときに、アレイ導波路回折格子（AWG）と通信ノード装置とを接続している2芯の光ファイバの内、障害が発生している2芯のうちの1本の光ファイバ、あるいは障害が発生している2つの光導波路のうちの1つの導波路のみで2重リングトポロ

ジを構成していた双方向の2つの波長信号を送受信可能になるように、前記中央制御装置から障害が発生した通信ノード装置に対し命令を出すことによって、前記論理的リングネットワークトポロジを維持する手段を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノード装置の管理主体者が前記通信ノード装置で使用している波長使用状態と、接続している現在の論理トポロジ、論理トポロジ変更スケジュール、障害通知、障害履歴の要求とを、前記通信ノード装置が当該管理主体者に通報するための管理ゲートウェイとして構成するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、通信ノード装置が現在接続している論理トポロジから異なる論理トポロジに接続変更要求を中央制御装置に発出した際に、前記中央データベースに問い合わせして演算することにより適合するか否かの判定を行う手段と、前記判定の結果、適合する場合に、前記論理トポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置が接続している論理トポロジ内の全ての通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の離脱及び光信号の波長の再設定を通知すると共に、前記中央データベース及びノードデータベースの格納情報を更新する手段と、前記論理トポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置の異動先となる論理トポロジ内の全ての通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の参加ならびに波長の再設定を通知すると共に、前記中央データベース及びノードデータベースの格納情報を更新する手段とを備えているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、

特定の通信ノード装置においてトポロジ変更要求がなされ、該トポロジ変更を実施する際に新たに波長パス経路を設けた場合、前記中央データベースを参照して、新規の波長パス経路に必要な追加負担料金を演算すると共に該演算結果を前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置に対して前記追加負担料金の情報を通知する手段とを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、

特定の通信ノード装置においてトポロジ変更要求がなされ、該トポロジ変更を実施する際に波長パス経路が削減された場合、前記中央データベースを参照して、削減された波長パス経路の料金負担の免除を演算すると共に該演算結果を前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置に対して、削減された波長パス経路の料金負担の免除を通知するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、前記中央制御装置は、

特定の通信ノード装置間でのトラヒック流量が増大しネットワーク負荷が発生し、前記通信ノード装置から前記通信ノード装置間での帯域増速の要求が中央制御装置に発せられた場合、前記中央データベースに問い合わせして演算することによって前記帯域増速が可能であるか否かの判定を行い、前記通信ノード装置がこれまで接続していなかった所定の通信ノード装置を経由することによって、新たな迂回波長パスを追加することによって前記

通信ノード間の帯域増速が可能であると判定したときに、迂回のための前記所定の通信ノード装置と前記特定の通信ノード装置との間に新たな波長パス経路を設定するための波長の設定を、それぞれの通信ノード装置の通信ノード装置に通知して前記新たな波長パス経路の設定を実施すると共に、前記中央データベースの格納情報を更新する手段、  
或いは、特定の通信ノード装置間でのトラヒック流量が増大しネットワーク負荷が発生して、前記通信ノード装置から前記通信ノード装置間での帯域増速の要求が中央制御装置に寄せられた場合、前記中央データベースに問い合わせて演算することによって前記帯域増速が可能であるか否か判定を行い、前記通信ノード装置が接続していない他の論理トポロジに接続された通信ノード装置の未使用波長を使用することによって迂回波長パスを新たに設け前記通信ノード装置間の帯域増速が可能であると判定したときに、迂回のための通信ノード装置と前記特定の通信ノード装置との間に新たな波長パス経路を設定するための波長の再設定を、それぞれの通信ノード装置に通知して新たな波長パス経路の設定を実施すると共に、前記中央データベースの格納情報を更新する手段のうちの少なくとも何れか一方を備えていると共に、中央制御装置が前記中央データベースを参照し、新規の波長パス経路に必要な追加負担料金を演算して前記中央データベースに記録し、前記通信ノード装置に料金負担を通知する手段と、前記波長パス経路を提供した前記通信ノード装置の料金負担の減額を演算して前記中央データベースに記録し、前記通信ノード装置に料金の減額を通知する手段とを備えているようにする。

本発明の別の態様によれば、前記波長可変光源での発振波長を個別に制御する前記波長制御信号を出力する波長可変光源制御手段と、前記波長可変光源から出力される光出力の強度及び前記光受信器に入力される光信号の強度をモニタする監視手段と、前記  $2N \times 2N$  スイッチ制御信号を出力するスイッチ制御手段と、ノードデータベースを有し、使用可能な波長リストを前記ノードデータベースに保持すると共に現在使用している波長を前記ノードデータベースに記録すると共に前記監視手段によりモニタされた情報に基づいて通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記ノードデータベースに登録されている使用波長のデータを変更する管理手段と、前記監視部においてモニタされた情報及び前記管理手段において管理される情報を表示させる表示制御手段と、制御信号入出力ポートと接続される制御信号送受信処理手段とを備えていることを特徴とする通信ノード装置が提供される。

本発明の別の態様によれば、2つ以上の通信ノード装置と、これらの通信ノード装置間を接続するアレイ導波路回折格子（AWG）とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて光導波路を介して前記通信ノード装置に接続され、前記通信ノード装置の動作制御と動作管理とを行う中央制御装置であって、装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられた中央データベースと、前記通信ノード装置のそれぞれにおいて使用されている全ての波長を記録し、それら全ての前記通信ノード装置において使用されている波長の光送信強度状態及び光受信強度状態を監視して前記中央データベースに記録す

る手段と、前記通信ノード装置同士間での接続状態を監視して前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置と前記通信端末装置間での接続状態を監視して前記中央データベースに記録する手段と、前記通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記中央データベースに登録されている使用波長を変更する手段と、前記通信ノード装置同士間で接続している波長信号の切断を制御する手段と、前記通信ノード装置同士間の接続に使用している波長の変更を制御する手段とを有することを特徴とする中央制御装置が提供される。

好ましくは、上記中央制御装置において、全ての通信ノード装置間との制御信号インタフェースとなる制御信号入出力ポートと、前記制御信号入出力ポートを介して前記通信ノード装置との間で制御信号の送受信を行う制御信号送受信処理手段と、前記制御信号に基づいて全ての通信ノード装置の状態を監視する監視手段と、前記監視結果に基づいて、ネットワークにおいて使用されている各通信ノード装置の波長パス毎に料金計算を行う料金計算手段と、トポロジ管理者端末とのインタフェースとなる表示制御手段とを備える。

本発明の別の態様によれば、通信端末装置側光入出力ポート、及び通信端末装置からの光信号波長を変換し送受信するWDM光入出力ポート、及び制御信号入出力ポートの3種の入出力ポートを有し、前記通信端末装置側光入出力ポートを通じて前記通信端末装置から入力される光信号を電気信号に変換する、あるいは、電気信号を光信号に変換し前記通信端末装置に送出する電気-光変換器を $2N$ 個（ $N$ は2以上の整数）備え、前記 $2N$ 個の電気-光変換器は前記通信ノード装置に配置される $2N \times 2N$ スイッチの $N$ 個の出力ポートは $N$ 個の波長可変光源、 $N$ 個の光受信器と直列に接続され、前記 $N$ 個の波長可変光源は通信ノード装置に配置される $N \times 1$ 光カプラ、前記WDM光入出力ポートと直列に接続され、前記 $2N \times 2N$ スイッチの $N$ 個の入力ポートは通信ノード装置に配置される $N$ 個の光受信器、 $N \times 1$ 分波器とを備えた通信ノード装置を駆動するコンピュータプログラムであって、前記波長可変光源での発振波長を個別に制御する前記波長制御信号を出力するステップと、前記波長可変光源から出力される光出力の強度及び前記光受信器に入力される光信号の強度を監視するステップと、前記 $2N \times 2N$ スイッチ制御信号を出力するステップと、使用可能な波長リストおよび現在使用している波長を前記ノードデータベースに記録すると共に前記監視した情報に基づいて通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記ノードデータベースに登録されている使用波長のデータを変更するステップと、前記監視された情報及び前記管理される情報を表示させるステップとを含むことを特徴とする通信ノード装置のコンピュータプログラムが提供される。

本発明の別の態様によれば、2つ以上の通信ノード装置と、これらの通信ノード装置間を接続するアレイ導波路回折格子（AWG）とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて光導波路を介して前記波長可変光源装置に接続され、前記通信ノード装置の動作制御と動作管理とを行うコンピュータ装置からなる中央制御装置を駆動するコンピュータプログラムであって、前記通信ノード装置において使用されている全ての波長および波長ごと

の光送信強度状態及び光受信強度状態を監視して中央データベースに記録するステップと、前記通信ノード装置同士間での接続状態を監視して前記中央データベースに記録するステップと、前記通信ノード装置と前記通信端末装置間での接続状態を監視して前記中央データベースに記録するステップと、前記通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記中央データベースに登録されている使用波長を変更するステップと、前記通信ノード装置同士間で接続している波長信号の切断を制御するステップと、前記通信ノード装置同士間の接続に使用している波長の変更を制御するステップとを含むことを特徴とする中央制御装置のコンピュータプログラムが提供される。

好ましくは、上記コンピュータプログラムにおいて、前記通信ノード装置との間で制御信号の送受信を行うステップと、前記制御信号に基づいて全ての通信ノード装置の状態を監視するステップと、前記監視結果に基づいて、ネットワークにおいて使用されている各通信ノード装置の波長パス毎に料金計算を行うステップとを含むようにする。

本発明の別の態様によれば、 $N$ 個（ $N$ は2以上の整数）の入力ポートと $N$ 個の出力ポートを有する $N \times N$ の波長ルーティングデバイスを備えるアレイ導波路回折格子に、主信号送受信部を有する $M$ 個（ $M$ は2以上 $N$ 以下の整数）の通信ノード装置を光伝送路によって接続して構成された、物理的スターネットワークトポロジを有する光通信ネットワークシステムであって、各通信ノード装置の主信号送受信部で取り扱う送受信波長を掃引してネットワークの論理的ネットワークトポロジを動的に変更する変更手段を備え、該変更手段は、波長変更情報を含む制御信号の送信と各通信ノードからの制御信号の受信を可能としたネットワーク管理装置と、各通信ノード装置に設けられネットワーク管理装置からの制御信号を受信して主信号送受信部で取り扱う送受信波長を掃引すると共に通信状態情報を含む制御信号をネットワーク管理装置に送信するノード制御部とを含む、ことを特徴とする光通信ネットワークシステムが提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、アレイ導波路回折格子は、ネットワーク管理装置からの制御信号をアレイ導波路回折格子からの出力信号に結合するWDMカップラを備えると共に、各通信ノード装置からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して制御信号をネットワーク管理装置に送出し主信号をアレイ導波路回折格子（AWG）に inputsするWDMカップラを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置の主信号送受信部は、出力側に変調器を有するかまたは直接変調機能を有する $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の波長可変光源と、 $L$ 個の光検出器とを備えるようにする。

好ましくは、各通信ノード装置は、アレイ導波路回折格子からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して制御信号をノード制御部に送出する第1 WDMカップラと、第1 WDMカップラからの主信号を波長別に分波する分波器と、分波器からの主信号の方路を変更して $L$ 個の光検出器に送出する $N \times L$ の第1光スイッチと、 $L$ 個の波長可変光源からの主信号の方路を変更する $N \times L$ の光スイッチと、前記光スイッチからの主信号を合波する合

波器と、合波器からの主信号にノード制御部からの制御信号を結合して出力する第2 WDMカップラとを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置の主信号送受信部は、出力側に変調器を有するかまたは直接変調機能を有する $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の波長可変光源と、入力側に波長可変フィルタを有する $L$ 個の光検出器とを備えるようにする。

好ましくは、各通信ノード装置は、アレイ導波路回析格子からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して制御信号をノード制御部に送出する第1 WDMカップラと、第1 WDMカップラからの主信号を分配して $L$ 個の光検出器それぞれに送出する第1 カップラと、 $L$ 個の波長可変光源からの主信号を結合する第2 カップラと、第2 カップラからの主信号にノード制御部からの制御信号を結合して出力する第2 WDMカップラとを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置とアレイ導波路回析格子は入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータをそれぞれ備え、各通信ノード装置とアレイ導波路回析格子とはそれぞれ一芯の光伝送路で接続されているようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、アレイ導波路回析格子は、アレイ導波路回折格子型合分波器から成る波長周回性を有しない波長ルーティングデバイスを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、アレイ導波路回析格子は、アレイ導波路回折格子型合分波器から成る波長周回性を有する波長ルーティングデバイスを備えるようにする。

本発明の別の態様によれば、 $N$ 個（ $N$ は2以上の整数）の入力ポートと $N$ 個の出力ポートを有する $N \times N$ の波長ルーティングデバイスを備えるアレイ導波路回析格子に、主信号送受信部を有する $M$ 個（ $M$ は2以上 $N$ 以下の整数）の通信ノード装置を光伝送路によって接続して構成された、スター型物理トポロジを有する光通信ネットワークシステムにおける通信ノード装置であって、波長変更情報を含む制御信号を受信して主信号送受信部で取り扱う送受信波長を掃引すると共に通信状態情報を含む制御信号を送信するノード制御部を備える、ことを特徴とする通信ノード装置が提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、主信号送受信部は、出力側に変調器を有するかまたは直接変調機能を有する $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の波長可変光源と、 $L$ 個の光検出器とを備えるようにする。

好ましくは、アレイ導波路回析格子からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して制御信号をノード制御部に送出する第1 WDMカップラと、第1 WDMカップラからの主信号を波長別に分波する分波器と、分波器からの主信号の方路を変更して $L$ 個の光検出器に送出する $N \times L$ の光スイッチと、 $L$ 個の波長可変光源からの主信号の方路を変更する $N \times$



Lの第2光スイッチと、第2光スイッチからの主信号を合波する合波器と、合波器からの主信号にノード制御部からの制御信号を結合して出力する第2WDMカップラとを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、主信号送受信部は、出力側に変調器を有するかまたは直接変調機能を有するL個（Lは2以上M以下の整数）の波長可変光源と、入力側に波長可変フィルタを有するL個の光検出器とを備えるようにする。

好ましくは、アレイ導波路回析格子からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して制御信号をノード制御部に送出する第1WDMカップラと、第1WDMカップラからの主信号を分配してL個の光検出器それぞれに送出する第1カップラと、L個の波長可変光源からの主信号を結合する第2カップラと、第2カップラからの主信号にノード制御部からの制御信号を結合して出力する第2WDMカップラとを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、入力信号と出力信号の方路を変更するサークキュレータを備えるようにする。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回析格子と、N個（Nは $2 \leq N \leq M$ を満たす整数、ただしMは2以上の整数）の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回析格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれM個備え、前記N個の通信ノード装置は、L個（Lは2以上N以下の整数）の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成されるL個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記アレイ導波路回析格子と接続されて物理的にスタートポロジを形成し、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回析格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成されるネットワークポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置の計時時刻を同期させる時刻同期手段を設けると共に、前記通信ノード装置に、ネットワークポロジの変更に必要な前記波長可変光源部と前記受信波長可変受信部のそれぞれの新たな波長変更情報とネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段と、計時時刻が前記情報記憶手段に記憶されている論理的ネットワークポロジ変更時刻に到達した際、前記情報記憶手段に記憶されている波長変更情報に基づいて、前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を一斉に自律的に変更する波長変更手段とを備えたことを特徴とする光通信ネットワークシステムが提供される。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を有する中央制御装置を備え、前記通信ノード装置は、前記中央制御装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段を有し、全ての通信ノード装置の時刻が前記中央制御装置から配信された時刻情報に基づいて同期するようにする。

好ましくは、前記中央制御装置は、論理的ネットワークポロジ変更時に必要となるそれぞれの前記通信ノード装置での波長変更情報と論理的ネットワークポロジ変更時刻情報を前記通信ノード装置に個別に送信する手段を備え、前記通信ノード装置の情報記憶手段は、前記中央制御装置から受信した波長変更情報と論理的ネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する手段を有するようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、他の通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を特定の通信ノード装置に備え、前記他の通信ノード装置は、前記特定の通信ノード装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段を有し、全ての通信ノード装置の時刻が前記特定の通信ノード装置から配信された時刻情報に基づいて同期するようにする。

好ましくは、前記特定の通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更時に必要となるそれぞれの前記通信ノード装置での波長変更情報と論理的ネットワークポロジ変更時刻情報を前記通信ノード装置に個別に送信する手段を備え、前記他の通信ノード装置の情報記憶手段は、前記特定の通信ノード装置から受信した波長変更情報と論理的ネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する手段を有するようにする。

好ましくは、前記中央制御装置に、管理者によって前記論理的ネットワークポロジの変更情報を入力するための論理的ネットワークポロジ変更操作手段を有する管理装置を備え、管理者によって論理的ネットワークポロジの変更を可能とするようにする。

好ましくは、前記特定の通信ノード装置に、管理者によって論理的ネットワークポロジの変更情報を入力するための論理的ネットワークポロジ変更操作手段を有する管理装置を備え、管理者によって論理的ネットワークポロジの変更を可能とするようにする。

好ましくは、全ての前記通信ノード装置に、管理者によって論理的ネットワークポロジの変更情報を入力するための論理的ネットワークポロジ変更操作手段を有する管理装置を備え、管理者によって論理的ネットワークポロジの変更を可能とするようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更前後における通信ノード装置の状態を表す通信ノード装置状態情報の生成手段と、前記通信ノード装置間において前記通信ノード装置状態情報の送信及び受信する通信ノード装置状態情報送受信手段と各通信ノード装置の通信ノード装置状態情報を記録する通信ノード装置状態情報記録手段とを備えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更前後における通信ノード装置の状態を表す通信ノード装置状態情報の生成手段と、前記通信ノード装置状態情報を前記中央制御装置に送信する手段とを備え、前記中央制御装置は、論理的ネットワークポロジを変更する前記通信ノード装置が送信する前記通信ノード装置状態情報を受信および記録する手段と、全ての前記通信ノード装置の前記通信ノード装置状態情報を一元管理する通信ノード装置状態管理手段とを備えるようにする。

好ましくは、前記他の通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更前後におけ

る通信ノード装置の状態を表す通信ノード装置状態情報の生成手段と、前記通信ノード装置状態情報を前記特定の通信ノード装置に送信する手段とを備え、前記特定の通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジを変更する前記通信ノード装置が送信する前記通信ノード装置状態情報を受信および記録する手段と、全ての前記通信ノード装置の前記通信ノード装置状態情報を一元管理する通信ノード装置状態管理手段とを備えるようにする。

好ましくは、全ての前記通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更の開始前において、前記通信ノード装置状態情報をネットワークポロジ変更要求状態情報へと変化させた後に該論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報を送信する手段を備えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、他の通信ノード装置から前記論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報を受信する手段と、前記論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報を受信した際に、送信元の前記通信ノード装置に対して論理的ネットワークポロジ変更の許可あるいは拒絶メッセージを返信する手段とを備え、前記論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報の送信元となる通信ノード装置は、論理的ネットワークポロジ変更の拒絶メッセージを受信した際に、自らの論理的ネットワークポロジ変更実施を抑制する手段を備えるようにする。

好ましくは、前記通信ノード装置は、記録されたその他の前記通信ノード装置の前記通信ノード装置状態情報の中に論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報の存在の有無を検索する手段と、前記検索手段を実施した結果、前記論理的ネットワークポロジ変更要求状態情報が発見された場合に、論理的ネットワークポロジ変更実施を抑制する手段とを備えるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各通信ノード装置間で伝送される制御信号の光信号波長が、前記通信ノード装置間接続で使用する本信号の波長帯域と異なる波長に設定されており、前記通信ノード装置および前記アレイ導波路回析格子のそれぞれに前記本信号と前記制御信号を合波及び分波可能なWDMカップラが配置され、前記本信号で使用する光伝送路が前記制御信号の光伝送路として共有されるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各装置間で伝送される制御信号の光伝送路が前記通信ノード装置間接続で使用する本信号の光伝送路とは別に設けられるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、各装置間で伝送される制御信号の伝送路が公衆網やインターネット網によって構成されるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、 $L$ 個の前記波長可変光源部に導入される光素子が、波長可変レーザと変調器を直列に接続あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらが $L \times 1$ 光カップラによって接続された構成を持つと共に、 $L$ 個の前記受信波長可変受信部は、直列に接続された光受信器と波長可変フィルタとが $L \times 1$ 光カップラに接続された構成を持つようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、 $L$ 個の前記波長可変光源部に導入される光素子が、波長可変レーザと変調器を直列に接続、あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらの光素子が直列接続された $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 光カップラに対して直列に接続された構成を持つと共に、 $L$ 個の前記受信波長可変受信部は、それぞれが直列に接続された光受信器と波長可変フィルタからなり、これらの受信波長可変受信部が直列接続された $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 光カップラに対して直列に接続された構成を持つようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、アレイ導波路回折格子が $M$ 入力 $M$ 出力のアレイ導波路回折格子からなるようにする。

好ましくは、上記光通信ネットワークシステムにおいて、アレイ導波路回折格子が $M$ 入力 $M$ 出力の波長周回性のアレイ導波路回折格子からなるようにする。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回折格子と、中央制御装置と、 $N$ 個（ $N$ は $2 \leq N \leq M$ を満たす整数、ただし $M$ は2以上の整数）の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回折格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれ $M$ 個備え、前記 $N$ 個の通信ノード装置は、 $L$ 個（ $L$ は2以上 $N$ 以下の整数）の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成される $L$ 個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記アレイ導波路回折格子と接続されて物理的にスタートポロジを形成し、前記中央制御装置の指示に基づいて、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回折格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成される論理的ネットワークポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムの前記中央制御装置であって、各通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を備えていることを特徴とする中央制御装置が提供される。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回折格子と、 $N$ 個（ $N$ は $2 \leq N \leq M$ を満たす整数、ただし $M$ は2以上の整数）の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回折格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれ $M$ 個備え、前記 $N$ 個の通信ノード装置は、 $L$ 個（ $L$ は2以上 $N$ 以下の整数）の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成される $L$ 個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記波長ルータ装置と接続されて物理的にスタートポロジを形成し、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回折格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成されるネットワークポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムの前記通信ノード装置において、計時時刻を他の通信ノード装置の計時時刻と同期させる時刻同期手段と、論理的ネットワークポロジの変更に必要

な前記波長可変光源部と前記受信波長可変受信部のそれぞれの新たな波長変更情報と論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段と、前記計時時刻が前記情報記憶手段に記憶されている論理的ネットワークトポロジ変更時刻に到達した際、前記情報記憶手段に記憶されている波長変更情報に基づいて、前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を一斉に自律的に変更する波長変更手段とを備えていることを特徴とする通信ノード装置が提供される。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回析格子と、 $N$ 個 ( $N$ は  $2 \leq N \leq M$  を満たす整数、ただし  $M$  は 2 以上の整数) の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回析格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれ  $M$  個備え、前記  $N$  個の通信ノード装置は、 $L$  個 ( $L$  は 2 以上  $N$  以下の整数) の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成される  $L$  個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記波長ルータ装置と接続されて物理的にスタートポロジを形成し、コンピュータ装置からなるトポロジ変更制御装置からの指示に基づいて、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回析格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成される論理的ネットワークトポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムの前記トポロジ変更制御装置のコンピュータプログラムにおいて、各通信ノード装置の時刻同期処理を行うステップと、各通信ノード装置の送信及び受信可能な波長範囲を取得するステップと、変更対象となる所定の論理的ネットワークトポロジの指定ならびに通信ノード装置及び波長パスと論理的ネットワークトポロジ変更時刻の指定を情報として外部から入力するステップと、前記取得した波長範囲及び前記入力情報に基づいて、論理的ネットワークトポロジが変更される通信ノード装置での新たな波長情報ならびにトポロジ変更時刻情報を決定し、これらを論理的ネットワークトポロジ変更対象となる通信ノード装置に送信するステップと、前記論理的ネットワークトポロジ変更対象の通信ノード装置から受信完了メッセージを受信するステップと、論理的ネットワークトポロジ変更対象とならない通信ノード装置に対して論理的ネットワークトポロジ変更が実施されることを通知するステップと、前記トポロジ変更実施時刻を過ぎた後に、前記論理的ネットワークトポロジ変更対象となる通信ノード装置から変更完了メッセージを受信するステップとを含むことを特徴とするトポロジ変更制御装置のコンピュータプログラムが提供される。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回析格子と、コンピュータ装置からなる  $N$  個 ( $N$  は  $2 \leq N \leq M$  を満たす整数、ただし  $M$  は 2 以上の整数) の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回析格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれ  $M$  個備え、前記  $N$  個の通信ノード装置は、 $L$  個 ( $L$  は 2 以上  $N$  以下の整数) の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成される  $L$  個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と

受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記アレイ導波路回折格子と接続されて光ファイバ等の光導波路による伝送路による接続形態が物理的にスター型を有する物理的スタートポロジを形成し、コンピュータ装置からなる論理的ネットワークポロジ変更制御装置からの指示に基づいて、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回折格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成される論理的ネットワークポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムの前記通信ノード装置のコンピュータプログラムにおいて、他の通信ノード装置との時刻同期処理を行うステップと、前記トポロジ変更制御装置から設定波長情報とトポロジ変更時刻情報を受信したときに該トポロジ変更時刻までの待機を行い、該トポロジ変更時刻に達したときに前記波長可変光源及び波長可変フィルタの設定波長の変更処理を行うステップと、前記変更処理の終了後に前記トポロジ変更制御装置への論理的ネットワークポロジ変更完了メッセージを送信するステップとを含むことを特徴とする通信ノード装置のコンピュータプログラムが提供される。

本発明の別の態様によれば、アレイ導波路回折格子と、コンピュータ装置からなる $N$ 個（ $N$ は $2 \leq N \leq M$ を満たす整数、ただし $M$ は2以上の整数）の通信ノード装置によって構成され、前記アレイ導波路回折格子は、光入力ポートと光出力ポートをそれぞれ $M$ 個備え、前記 $N$ 個の通信ノード装置は、 $L$ 個（ $L$ は2以上 $N$ 以下の整数）の波長可変光源部と、波長可変フィルタによって構成される $L$ 個の受信波長可変受信部と、前記波長可変光源部と受信波長可変受信部を制御する制御部とを備えると共に光伝送路によって前記アレイ導波路回折格子と接続されて光ファイバ等の光導波路による伝送路による接続形態が物理的にスター型を有する物理的スタートポロジを形成し、コンピュータ装置からなるトポロジ変更制御装置からの指示に基づいて、前記制御部によって前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を制御することにより、前記アレイ導波路回折格子での波長ルーティング特性に従って対向接続する異なる通信ノード装置を任意に選択して、複数の前記通信ノード装置間の接続によって構成される論理的ネットワークポロジの変更が可能な光通信ネットワークシステムの前記通信ノード装置のコンピュータプログラムにおいて他の通信ノード装置との時刻同期処理を行うステップと、論理的ネットワークポロジ変更を実施する際に初期化された通信ノード装置状態情報をトポロジ変更予約状態に変更するステップと、前記トポロジ変更予約状態とされた通信ノード装置状態情報を前記トポロジ変更制御装置ならびに他の通信ノード装置に送信するステップと、他の通信ノード装置の通信ノード装置状態情報がトポロジ変更予約状態とされているか否かを確認するステップと、前記確認の結果、他の通信ノード装置の通信ノード装置状態がトポロジ変更予約状態とされていないとき、新たな論理的ネットワークポロジの構成に必要な通信ノード装置間の波長パスを外部から入力するステップと、前記波長パス入力情報を前記ト

ポロジ変更制御装置に送信するステップと、前記トポロジ変更制御装置から前記波長パス入力情報に基づく論理的ネットワークポロジ変更が許可されたときにトポロジ変更時刻情報を含むトポロジ変更確認メッセージを他の通信ノード装置に送信するステップと、前記トポロジ変更制御装置から前記波長変更情報とトポロジ変更時刻とを含むトポロジ変更指示情報を受信して他の通信ノード装置の通信ノード装置状態情報が変更要請受付完了状態であるときに自己の通信ノード装置状態情報を受信完了状態として前記トポロジ変更制御装置に送信するステップと、前記トポロジ変更指示情報に基づいて前記波長可変光源部の出力波長及び前記受信波長可変受信部の受信波長を変更するステップと、トポロジ変更を要請した通信ノード装置からトポロジ変更予告メッセージを受信してトポロジの変更を了承する際に通信ノード装置状態情報を変更要請受付完了状態に設定して該通信ノード装置状態情報を前記トポロジ変更制御装置及び前記トポロジ変更を要請した通信ノード装置に送信するステップと、論理的ネットワークポロジ変更を要請した通信ノード装置からトポロジ変更予告メッセージを受信した際、前記論理的ネットワークポロジの変更を拒否する場合、通信ノード装置状態情報を変更要請拒否状態に設定して該通信ノード装置状態情報を前記トポロジ変更制御装置及び前記論理的ネットワークポロジ変更を要請した通信ノード装置に送信するステップとを含むことを特徴とする通信ノード装置のコンピュータプログラムが提供される。

好ましくは、上記コンピュータプログラムが記憶されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体が提供される。

#### 図面の簡単な説明

図1-1は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムの物理的トポロジーを示す図である。

図1-2は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムにおいて2芯の光ファイバによってアレイ導波路回折格子（AWG）と各通信ノード装置とを接続した例を示す。

構成図である。

図1-3は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムにおいて1芯の光ファイバによってアレイ導波路回折格子（AWG）と各通信ノード装置とを接続した例を示す構成図である。

図1-4は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムにおいてスター（メッシュ）状の論理的ネットワークポロジを構成した場合を説明する図である。

図1-5は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムにおいてリング状の論理的ネットワークポロジを構成した場合を説明する図である。

図1-6は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムにおいてスター（メッシュ）状の論理的ネットワークポロジを構成した場合の波長配置を説明する図であ

る。

図 1-7 は、本発明の第 1 実施形態の光通信ネットワークシステムにおいてリング状の論理的ネットワークトポロジを構成した場合の波長配置を説明する図である。

図 1-8 は、本発明の第 2 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける初期の物理構成を説明する図である。

図 1-9 は、本発明の第 2 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける拡張時の物理構成を説明する図である。

図 1-10 は、本発明の第 2 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける拡張時の論理構成を説明する図である。

図 1-11 は、本発明の第 3 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける物理構成を説明する図である。

図 1-12 は、本発明の第 3 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理構成を説明する図である。

図 1-13 は、本発明の第 3 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理構成の詳細を説明する図である。

図 1-14 は、本発明の第 3 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける波長配置を説明する図である。

図 1-15 は、本発明の第 4 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理構成を説明する図である。

図 1-16 は、本発明の第 4 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける波長配置を説明する図である。

図 1-17 は、本発明の第 5 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理構成を説明する図である。

図 1-18 は、本発明の第 5 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける波長配置を説明する図である。

図 1-19 は、本発明の第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける物理構成を説明する図である。

図 1-20 は、本発明の第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理構成及び波長配置を説明する図である。

図 1-21 は、本発明の第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける障害発生時の物理構成の一例を示す図である。

図 1-22 は、本発明の第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける障害発生時の論理構成の一例を示す図である。

図 1-23 は、本発明の第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける障害発生時の論理構成の一例を示す図である。

図 1-23. 1 は、本発明の第 6-2 実施形態における  $N=5$  での論理的リングネット



ワークトポロジ及び波長配置表を示す図である。

図 1-23. 2 は、本発明の第 6-2 実施形態における論理的リングネットワークトポロジの再構成例及び波長配置表を示す図である。

図 1-23. 3 は、本発明の第 6-2 実施形態における論理的リングネットワークトポロジの別の再構成例及び波長配置表を示す図である。

図 1-24 は、本発明の第 7 実施形態における光ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-25 は、本発明の第 7 実施形態における光通信ネットワークシステムの波長配置を説明する図である。

図 1-26 は、本発明の第 8 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-27 は、本発明の第 9 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-28 は、本発明の第 10 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-29 は、本発明の第 11 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-30 は、本発明の第 11 実施形態における光通信ネットワークシステムの論理構成を示す図である。

図 1-31 は、本発明の第 12 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 1-32 は、本発明の第 13 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理構成を示す図である。

図 2-1 は、本発明の第 14 実施形態における光通信ネットワークシステムを示す構成図である。

図 2-2 は、本発明の第 20 実施形態における波長可変光源装置を示す構成図である。

図 2-3 は、本発明の第 21 実施形態における中央制御装置を示す構成図である。

図 2-4 は、本発明の第 22 実施形態における波長可変光源装置に接続された内部データベース及び外部データベースが保持する波長可変光源情報を示す図である。

図 2-5 は、本発明の第 22 実施形態における中央制御装置に接続された内部データベース及び外部データベースが保持する波長可変光源情報を示す図である。

図 2-6 は、本発明の第 23 実施形態における複数のユーザ ID を管理している中央制御トポロジ管理情報を示す図である。

図 2-7 は、本発明の第 23 実施形態におけるトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-8 は、本発明の第 23 実施形態における料金計算部で演算された課金情報を示す

図である。

図 2-9 は、本発明の第 2 4 実施形態におけるユーザ ID 「1」 のユーザトポロジ管理情報を示す図である。

図 2-10 は、本発明の第 2 4 実施形態におけるユーザ ID 「1」 のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-11 は、本発明の第 2 4 実施形態におけるユーザ ID 「1」 の利用情報を示す図である。

図 2-12 は、本発明の第 2 5 実施形態におけるユーザ ID 「2」 のユーザトポロジ管理情報を示す図である。

図 2-13 は、本発明の第 2 5 実施形態におけるユーザ ID 「2」 のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-14 は、本発明の第 2 5 実施形態におけるユーザ ID 「2」 の利用情報を示す図である。

図 2-15 は、本発明の第 2 6 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際の中央制御トポロジ管理情報を示す図である。

図 2-16 は、本発明の第 2 6 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際のトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-17 は、本発明の第 2 6 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際の、料金計算部で演算された課金情報を示す図である。

図 2-18 は、本発明の第 2 7 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際の、ユーザ ID 「1」 のユーザトポロジ管理情報を示す図である。

図 2-19 は、本発明の第 2 7 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際の、ユーザ ID 「1」 のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-20 は、本発明の第 2 7 実施形態におけるユーザ ID 「1」 で通信ノード装置が新設された際の、ユーザ ID 「1」 の利用情報を示す図である。

図 2-21 は、本発明の第 2 8 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際の中央制御トポロジ管理情報を示す図である。

図 2-22 は、本発明の第 2 8 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際のトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-23 は、本発明の第 2 8 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際の料金計算部で演算された課金情報を示す図である。

図 2-24 は、本発明の第 2 9 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際のユーザ ID 「2」 のユーザトポロジ管理情報を示す図である。

図 2-25 は、本発明の第 2 9 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際のユーザ ID 「2」 のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図 2-26 は、本発明の第 2 9 実施形態におけるユーザ ID 「2」 で帯域増速された際

のユーザID「2」の利用情報を示す図である。

図2-27は、本発明の第30実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際の中央制御トポロジ管理情報を示す図である。

図2-28は、本発明の第30実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際のトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-29は、本発明の第30実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際の料金計算部で演算された課金情報を示す図である。

図2-30は、本発明の第30実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際のユーザID「1」のユーザトポロジ管理情報を示す図である。

図2-31は、本発明の第31実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際のユーザID「1」のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-32は、本発明の第31実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際のユーザID「1」の利用情報を示す図である。

図2-33は、本発明の第31実施形態におけるユーザID「1」で帯域増速された際のユーザID「2」の利用情報を示す図である。

図2-34は、本発明の第32実施形態におけるユーザID「1」がリングトポロジを持つときの中央トポロジ管理情報を示す図である。

図2-35は、本発明の第32実施形態におけるユーザID「1」がリングトポロジを持つときのトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-36は、本発明の第32実施形態におけるユーザID「1」がリングトポロジを持つときのユーザ管理情報を示す図である。

図2-37は、本発明の第32実施形態におけるユーザID「1」がリングトポロジを持つときのユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-38は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時の中央トポロジ管理情報を示す図である。

図2-39は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時のトポロジ管理ウィンドウとユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-40は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時の料金計算部で演算された課金情報を示す図である。

図2-41は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時のユーザID「1」のユーザ管理情報を示す図である。

図2-42は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時のユーザID「1」のユーザ情報ウィンドウを示す図である。

図2-43は、本発明の一実施形態における障害通信ノード装置切り離し時のユーザID「1」の利用情報を示す図である。

図3-1は、本発明第15実施形態における光通信ネットワークシステムを示す図であ

る。

図3-2A及びBは、波長周回性を有するアレイ導波路回折格子（AWG）の波長配置を示す図とフルメッシュ型論理トポロジを示す図である。

図3-3A及びBは、波長周回性を有するアレイ導波路回折格子（AWG）の波長配置を示す図とリング型論理トポロジを示す図である。

図3-4は、図3-1に示したシステムによってリング型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-5A及びBは、波長周回性を有するアレイ導波路回折格子（AWG）の波長配置を示す図とスター型論理トポロジを示す図である。

図3-6は、図3-1に示したシステムによってスター型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-7A及びBは、波長周回性を有するアレイ導波路回折格子（AWG）の波長配置を示す図とメッシュ型論理トポロジを示す図である。

図3-8は、図3-1に示したシステムによってメッシュ型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-9は、図3-1に示したシステムの部分変形例を示す図である。

図3-10は、波長周回性を有しないアレイ導波路回折格子（AWG）の波長配置を示す図である。

図3-11は、本発明の第16実施形態における光通信ネットワークシステムを示す図である。

図3-12は、図3-11に示したシステムによってリング型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-13は、図3-11に示したシステムによってスター型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-14は、図3-11に示したシステムによってメッシュ型の論理的ネットワークトポロジを構成する場合の例を示す信号経路図である。

図3-15は、本発明の第17実施形態における光通信ネットワークシステムを示す図である。

図3-16は、本発明の第18実施形態における光通信ネットワークシステムを示す図である。

図3-17は、本発明の第19実施形態における光通信ネットワークシステムを示す図である。

図4-1は、本発明の第35実施形態における光通信ネットワークシステムの通信ノード装置を示す構成図である。

図4-2は、本発明の第35実施形態における通信ノード装置の時刻同期を説明する図である。

図４－３は、本発明の第３５実施形態における通信ノード装置の時刻同期を説明する図である。

図４－４は、本発明の第３５実施形態において中央制御装置における制御ステップを説明する図である。

図４－５は、本発明の第３５実施形態において中央制御装置における制御ステップを説明する図である。

図４－６は、本発明の第３５実施形態において波長変更が生じる通信ノード装置の制御ステップを説明するフローチャートである。

図４－７は、本発明の第３５実施形態において波長変更が生じる通信ノード装置の制御ステップを説明するフローチャートである。

図４－８は、本発明の第３５実施形態において波長変更が生じない通信ノード装置の制御ステップを説明するフローチャートである。

図４－９は、本発明の第３５実施形態におけるトポロジ変更情報クラス及びオブジェクト構成を説明する図である。

図４－１０は、本発明の第３５実施形態における通信ノード装置と中央制御装置の構成要素と接続を説明する図である。

図４－１１は、本発明の第３５実施形態における通信ノード装置と中央制御装置の構成要素の論理接続を説明する図である。

図４－１２は、本発明の第３５実施形態におけるAWGアレイ導波路回析格子の入出力ポートでの論理的リングネットワークトポロジにおける波長リンクを説明する図である。

図４－１３は、本発明の第３５実施形態におけるAWGアレイ導波路回析格子の入出力ポートでの論理的リングネットワークトポロジにおける波長配置を説明する図である。

図４－１４は、本発明の第３５実施形態におけるAWGアレイ導波路回析格子の入出力ポートでの論理的フルメッシュネットワークシュートポロジにおける波長リンクを説明する図である。

図４－１５は、本発明の第３５実施形態におけるAWGアレイ導波路回析格子の入出力ポートでの論理的フルメッシュネットワークトポロジにおける波長配置を説明する図である。

図４－１６は、本発明の第３５実施形態において論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジに変更する際のトポロジ変更情報クラスを説明する図である。

図４－１７は、本発明の第３５実施形態において論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジに変更する際のトポロジ変更情報クラスを説明する図である。

図４－１８は、本発明の第３５実施形態において論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジに変更する際のトポロジ変更情報クラスを説

明する図である。

図４－１９は、本発明の第３５実施形態において論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジに変更する際のトポロジ変更情報クラスを説明する図である。

図４－２０は、本発明の第３５実施形態におけるトポロジ管理者端末ブラウザに備えられるインタフェースを説明する図である。

図４－２１は、本発明の第３６実施形態における光通信ネットワークシステムを示す構成図である。

図４－２２は、本発明の第３６実施形態における光通信ネットワークシステムの通信ノード装置を示す構成図である。

図４－２３は、本発明の第３６実施形態における光通信ネットワークシステムの通信ノード装置を示す構成図である。

図４－２４は、本発明の第３６実施形態における光通信ネットワークシステムの通信ノード装置を示す構成図である。

図４－２５、本発明の第３６実施形態における光通信ネットワークシステムの通信ノード装置を示す構成図である。

図４－２６は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置の時刻同期を説明する図である。

図４－２７は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置の時刻同期を説明する図である。

図４－２８は、本発明の第３６実施形態におけるノード管理者となる人間による認証フローを説明する図である。

図４－２９は、本発明の第３６実施形態におけるトポロジ変更時での制御ステップを説明する図である。

図４－３０は、本発明の第３６実施形態におけるトポロジ変更時での制御ステップを説明する図である。

図４－３１は、本発明の第３６実施形態におけるトポロジ変更時での制御ステップを説明する図である。

図４－３２は、本発明の第３６実施形態における波長変更制御ステップを説明する図である。

図４－３３は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置状態ビットを説明する図である。

図４－３４は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置と中央制御装置の構成要素と接続を説明する図である。

図４－３５は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置と中央制御装置の構成要素の論理接続を説明する図である。

図４－３６は、本発明の第３６実施形態における通信ノード装置管理者端末ブラウザに備えられるインタフェースを説明する図である。

図４－３７は、従来例を説明する図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

尚、以下に説明する実施形態では、アレイ導波路回折格子（AWG）の入出力ポートの数をNならびに通信ノード装置の数をMとして、それぞれ４，５，１３、あるいは１４を例にとって説明しているが、これらの数に限定されるものではなく、いずれも２以上であればよい。

また、本発明のネットワーク構成に含まれる論理的ネットワークの数は１個の場合について説明しているが、２個以上の同様なネットワークが混載された場合も同様である。

同様に、本発明が多重に冗長化された場合、２個に限らず、２個以上の複数の同様なネットワークが並列に構成されても本発明の請求の範囲を超えるものではない。

また、ネットワークを構成するに当たって、光伝送損失により増幅器が必要となる場合もあるが、この光増幅器を送受信装置間のどこかに設置してもよい。

#### 〔第１実施形態〕

本発明の光通信ネットワークシステムに係る第１実施形態での通信ノード装置とアレイ導波路回折格子（AWG）の光ファイバによって物理的に接続された物理的ネットワークトポロジを図１－１に示す。

アレイ導波路回折格子（AWG）１・１０１は、図１－２，１－３に示すように、入力ポート１・２０１～２０５ および出力ポート １・３０１～３０５ を有し、その入出力ポート １・２０１～２０５、１・３０１～３０５ のそれぞれが周囲に配置したパーソナルコンピュータ等の通信端末装置或いはルータ等の通信網の結節点となる通信ノード装置 １・４０１～４０５ に光ファイバ １・５０１～５０５ によって接続されている。また、各通信ノード装置 １・４０１～４０５ は通信に用いる信号光の波長を切り替える手段（図示せず）を備えている。

図１－２は２芯の光ファイバによってアレイ導波路回折格子（AWG）１・１０１と各通信ノード装置 １・４０１～４０５ とを接続した例であり、図１－３は１芯の光ファイバによってアレイ導波路回折格子（AWG）１・１０１と各通信ノード装置 １・４０１～４０５ とを接続した例である。

配置されたアレイ導波路型の回折格子（AWG）の入出力ポート １・２０１～２０５、１・３０１～３０５ のそれぞれから周囲に配置した通信ノード装置 １・４０１～４０５ を光ファイバ １・５０１～５０５ によって接続した構成を有する。

アレイ導波路型の回折格子（AWG）１・１０１においては、各通信ノード装置 １・４０１～４０５ から送信されて入力ポート １・２０１～２０５ に入力された信号光の信号 １・６０１～６０５ が、その波長毎に、波長に応じた出力ポート １・３０１～３０５ に出力される。

これにより、各通信ノード装置 １・４０１～４０５ から、行き先（送信先）の通信ノード装置

1-401~405 に設定されている波長の信号光を切り替え選択して送信すればよく、物理的には図 1-1 に示した物理的ネットワークポロジのように単純なスター構成でありながら、論理的には図 1-4 に示す様なスター（メッシュ）状のネットワークポロジや、図 1-5 に示す様なリング状のネットワークポロジのように異なる論理的ネットワークポロジを容易に実現することができる。

図 1-4, 1-5 のそれぞれには、信号の送信経路イメージ（波長パス）と、通信経路の論理的ネットワークポロジ構成を示している。

図 1-4 に示す論理的スター（メッシュ）ネットワークポロジを構成する場合には、アレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101 における入出力ポート 1-201~205, 1-301~305 の信号光波長に基づく接続関係及び各通信ノード装置 1-401~405 で用いる信号光の波長を図 1-6 に示す波長配置のように設定すればよい。尚、図 1-4 において斜線により強調表示された波長を用いることになる。

また、図 1-5 に示す論理的リングネットワークポロジを構成する場合には、アレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101 における入出力ポート 1-201~205, 1-301~305 の信号光波長に基づく接続関係及び各通信ノード装置 1-401~405 で用いる信号光の波長を図 1-7 に示す波長配置のように設定すればよい。尚、図 1-5 において斜線により強調表示された波長を用いることになる。

ある論理的ネットワークポロジを構成している通信ノード装置群が、別の論理的ネットワークポロジに変更するには、各通信ノード装置が、その別の論理的ネットワークポロジのための波長配置に基づいて、信号光の波長を切り替えることによって達成できる。

尚、2 つ以上のアレイ導波路型の回折格子（AWG）を通信可能に接続して、これらの AWG に接続されている通信ノード装置間で所定の論理的ネットワークポロジを形成しても良い。

#### 〔第 2 実施形態〕

本発明の光通信ネットワークシステムに係る第 2 実施形態を図 1-8 乃至図 1-10 に示す。本実施形態では、光通信ネットワークシステムの拡張方法を例にとって、本発明の特徴を詳細に説明する。

第 2 実施形態では、図 1-8 に示すような単純な物理的スターネットワークポロジ構成を小規模実現した場合である。ここでは、第 1 実施形態で説明したアレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101 を有するセンタ拠点 1-401A に対して、通信ノード装置 1-402~406 を備えた 5 つの拠点 1-402A~406A を接続した場合を示す。

図 1-9 は図 1-8 のネットワーク構成を拡張して、通信ノード装置数を増大させた場合の物理的ネットワーク構成を示し、図 1-10 は図 1-9 の構成における論理的ネットワークポロジの構成を示す。

図 1-9 に示す光通信ネットワークは、センタ拠点 1-401A のアレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101 に接続された通信ノード装置 1-407~418 を備えた拡張拠点 1-407A~418A



を設けた例である。また、図1-9に示す光通信ネットワークでは、図1-10に示すように、拠点1-401A,1-402Aと拡張拠点1-407A,1-408Aによって論理的リングネットワークポロジが構成され、拠点1-401A,1-406Aと拡張拠点1-413A~416Aによって論理的スターネットワークポロジが構成され、拠点1-401A,1-405Aと拡張拠点1-409A~412Aによって論理的リングネットワークポロジが構成され、拠点1-401A,1-403A,1-404Aと拡張拠点1-417A,1-418Aによって論理的スターネットワークポロジが構成されている。さらに、拠点1-401A,1-405Aと拡張拠点1-412A,1-418Aによって論理的スター（メッシュ）ネットワークポロジが構成されている。

実際のネットワーク構成では、ネットワーク構築初期段階から図1-9に示したような大規模なネットワークを構築することはあまりなく、ネットワーク運用時におけるネットワーク規模の拡張により、図1-8に示したようなネットワーク構成から順次ネットワーク規模を拡張していくことが通常である。第2実施形態では、図1-8のネットワーク構成を基に、中央に配置するアレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101の入出力ポート数の規模を上限として、拡張時には、通信ノード装置1-407~418を光ファイバでアレイ導波路型の回折格子（AWG）1-101に接続して拡張拠点1-407A~418Aを増設して行けば、既設の通信端末ノード1-401~406の通信状態を妨害或いは停止することなく、ネットワーク規模を容易に大規模化することが可能である。

さらに、本実施形態のネットワーク構成では、先の第1実施形態（図1-1）に示した通り、論理的スター（メッシュ）ネットワークポロジのみならず、リング形状の論理ネットワークポロジを容易に構成することが可能であるため、図1-10に示したように、スター形状の物理的スターネットワークポロジを持つ同一のネットワーク上に、メッシュ、スター、リングなどの異なった論理的ネットワークポロジが共存する光通信ネットワークシステムを構築することが可能となる。

本構成では、各通信ノード装置1-401~418が送受信する信号光の波長を変化させるだけで接続相手となる通信ノード装置を選択できるため、論理的ネットワークポロジを変更する場合、初期の物理的なネットワーク構成における光ファイバのつなぎ換えなどに長期間を要することなく、かつ高コストの工事を行う必要がないので、極めて容易に短期間で低コストに論理的ネットワークポロジを変更することが可能となる。また、アレイ導波路回折格子（AWG）1-101における入出力ポートの波長配置を変えることにより論理的ネットワークポロジの変更を行っても良い。

#### 〔第3実施形態〕

本発明の光通信ネットワークシステムに係る第3実施形態を図1-11及び図1-14に示す。図1-11は物理的なネットワーク構成となる物理的ネットワークポロジを示し、図1-12はその論理的ネットワークポロジを示す。また、図1-13は第3実施形態のネットワーク構成における論理的構成の詳細を説明する図、図1-14は第3実施形態のアレイ導波路回折格子（AWG）1-101の入出力ポートの波長配置関係を示す図であ

る。ここでは、インターネットデータセンタ（iDC）網へ適用した例を説明している。

即ち、通信ノード装置 1-701~705 を備えたデータセンタ 1-701A~705A がアレイ導波路回折格子（AWG）1-101 を備えたセンタ拠点 1-101A に光ファイバを介して接続されていると共に、通信ノード装置 1-706~713 を備えた拠点 1-706A~713A が光ファイバを介してセンタ拠点 1-101A に接続されている。

また、アレイ導波路回折格子（AWG）1-101 と各通信ノード装置 1-701~713 の信号光波長の設定によって、データセンタ 1-701A~705A は論理的メッシュネットワークトポロジを構成して分散データセンタWDM（Wavelength Division Multiplexing）コアネットワーク 1-721 を形成し、データセンタ 1-701A~705A の通信ノード装置 1-701~705 と通信ノード装置 1-706,1-710 によってMPLS（Multi-protocol Label Switching）コアネットワーク（論理的フルメッシュネットワークトポロジ）1-722 が形成されている。さらに、通信ノード装置 1-706~709 によってRPR（Resilient Packet Ring）ネットワーク（論理的リングネットワークトポロジ）1-723 が形成され、通信ノード装置 1-710~713 によってEtherネットワーク（論理的スターネットワークトポロジ）1-724 が形成され、通信ノード装置 1-707 と通信ノード装置 1-713 との間に単純なスター構成のPoint-Point接続からなるビル間相互接続ネットワーク 1-725 が形成されている。

本実施形態では、先の第1及び第2実施形態で説明した通り、図1-11に示すような単純なスター形状の物理的ネットワークトポロジであるにもかかわらず、論理的ネットワークトポロジが論理的スター（メッシュ）ネットワークトポロジと論理的リングネットワークトポロジとを混在できているという特徴だけでなく、経路制御方法として広く知られているMPLS（Multi-protocol Label Switching）や、高速な障害回避方法を実現した方式として知られているRPR（Resilient Packet Ring）といったネットワーク技術も重畳させることが可能であり、データセンタ 1-701A~705A の通信ノード装置 1-701~705 などが分散して存在する場合やインターネットエクステンジ（IX）など、極めて安定で高セキュリティなネットワークを極めてシンプルに短時間で低コストに構築できるという特徴がある。

図1-14において、ノード番号1~16はアレイ導波路回折格子（AWG）1-101の入出力ポートの番号を表し、本実施形態では各ノード番号1~13の入出力ポートのそれぞれが通信ノード装置 1-701~713 に接続され、各通信ノード装置 1-701~713 における信号光の波長配置関係が設定されている。この場合、前述のように、アレイ導波路回折格子（AWG）の入出力ポート数（N）、ならびに通信ノード装置の数（M）はそれぞれ、 $N=16$ 、 $M=13$ の場合に相当している。

この波長配置によって、図1-11、1-12に示した通り、論理的リングネットワークトポロジに接続された通信ノード装置 1-706~709 は、論理的メッシュネットワークトポロジで構成されたデータセンタ 1-701A~705A の通信ノード装置 1-701~705 に接続されている。このとき、通信ノード装置 1-701~705,706,710 はMPLSのLSR（Label Switch

Router) であり、通信ノード装置 1-706 がMPLSのLSR (Label Switch Router) 境界となる。また、通信ノード装置 1-710~713 は単純なスター状に接続された論理的ネットワーク構成を容易に実現し、通信ノード装置 1-710~713 はメッシュ接続されたデータセンタ 1-701A~705A の通信ノード装置 1-701~705 に接続されている。このとき、通信ノード装置 1-710 がMPLSのLSR (Label Switch Router) 境界となっている。

また、本実施形態では、図 1-14 に示すように、論理的メッシュネットワークトポロジによるMPLSコアネットワーク 1-721 では波長 $\lambda_1 \sim \lambda_9$ を用い、論理的リングネットワークトポロジによるPRPネットワーク 1-723 では波長 $\lambda_{12} \sim \lambda_{16}$ を用い、論理的スターネットワークトポロジからなるEther ネットワーク 1-724 では波長 $\lambda_4 \sim \lambda_9$ を用い、ビル間相互接続ネットワーク 1-725 では、波長 $\lambda_3$ を用いている。

ここで、センタ拠点に配置するアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 としては入出力ポート数が  $16 \times 16$  の規模のAWGを配置した場合の波長配置を示しているが、もちろん、この規模は  $16 \times 16$  に限定されるわけではなく、通信ノード装置の収容数以上の規模であればよい。

#### [第4実施形態]

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第4実施形態を図 1-15, 1-16 を参照して説明する。第4実施形態は、上記第3実施形態の構成に対して新たな通信ノード装置 714 を追加挿入する場合の一例を説明する。図 1-15 は第4実施形態の論理的ネットワークトポロジを示す図、図 1-16 は上記第4実施形態のアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入出力ポートの波長配置関係を示す図である。図 1-16 において、通信ノード装置に与えられる固有の番号 1~16 がアレイ導波路回折格子 1-101 の入出力ポート番号と一致するように通信ノード装置とアレイ導波路回折格子を物理的に光ファイバで接続されることを表し、各通信ノード装置 1-701~714 における信号光の波長配置関係が設定されている。この場合、通信ノード装置の数は14の場合に相当している。

本実施形態では、上記第3実施形態のRPRネットワーク 1-723 の論理的リングネットワークトポロジにおいて、新たに通信ノード装置 714 を通信ノード装置 1-708 と通信ノード装置 1-709 との間に挿入新設している。この場合、図 1-16 に示すように、変更前では通信ノード装置 1-708 と通信ノード装置 1-709 との間で波長 $\lambda_{16}$ の信号光を用いて通信していたのに代えて、通信ノード装置 1-708 と通信ノード装置 714 との間の通信に波長 $\lambda_5$ を用い、通信ノード装置 1-709 と通信ノード装置 714 との間の通信に波長 $\lambda_6$ を用いるように各通信ノード装置 1-708, 709, 714 の通信波長を設定変更すればよい。この様に、通信ノード装置 1-708, 709, 714 の通信波長を変更するだけで、新たな通信ノード 714 をネットワークに容易に新設することが可能である。ここでは、アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 としては  $16 \times 16$  の規模のAWGを配置した場合の波長配置を示しているが、先の例でも述べたように、もちろん、 $16 \times 16$  の規模に限定されるわけではなく、通信ノードの収容数以上の規模であればよい。

## 〔第5実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第5実施形態を図1-17, 1-18を参照して説明する。第5実施形態は、上記第4実施形態の構成において、RPRネットワーク1-723の論理的リングネットワークトポロジ中に存在していた通信ノード装置1-707を論理的スターネットワークトポロジからなるEtherネットワーク1-724に移設する一例である。図1-17は第5実施形態の論理的ネットワークトポロジ示す図、図1-18はアレイ導波路回折格子(AWG)1-101の入出力ポートの波長配置関係を示す図である。図1-18において、前述と同様に通信ノード装置に与えられる固有の番号1~16がアレイ導波路回折格子(AWG)1-101の入出力ポート番号と一致するように通信ノード装置とアレイ導波路回折格子(AWG)を物理的に光ファイバで接続されることを表し、各通信ノード装置1-701~714における信号光の波長配置関係が設定されている。この場合、前述のように通信ノード装置の数は14の場合に相当している。

本実施形態では、通信ノード装置714が挿入された論理的リングネットワークトポロジに收容されていた通信ノード装置1-707を、新たに通信ノード装置1-710に帰属する論理的スターネットワークトポロジへと移設し、論理的トポロジを変更する場合のネットワーク論理構成、および各通信ノード装置での波長配置関係を示している。この場合、移設前には、通信ノード装置1-707が波長 $\lambda 12$ と波長 $\lambda 14$ を用いてそれぞれ通信ノード装置1-706と通信ノード装置1-708と通信していたのに代えて、通信ノード装置1-707の信号光の波長を波長 $\lambda 16$ に設定し、この波長 $\lambda 16$ を用いて通信ノード装置1-707と通信ノード装置1-710との通信を行うようにすればよい。また、移設前には、通信ノード装置1-706と通信ノード装置1-707との間の通信に波長 $\lambda 12$ を用い、通信ノード装置1-707と通信ノード装置1-708との間の通信に波長 $\lambda 14$ を用いていたが、移設後には、通信ノード装置1-706と通信ノード装置1-708との間で波長 $\lambda 13$ を用いて通信を行うように各通信ノード装置1-707,708,709で使用する信号光の波長を設定変更すればよい。

このように、上記の実施形態のように、通信に用いる信号光の波長の配置を変更するだけで、論理的ネットワークトポロジをダイナミックに変更することができる。ここで、図1-18にはセンタに配置するアレイ導波路回折格子(AWG)1-101の入出力ポート数( $N \times N$ )として $16 \times 16$ の規模のAWGを配置した場合の波長配置を示しているが、もちろん、この規模は $16 \times 16$ に限定されるわけではなく、通信端末ノードの收容数以上の規模であればよい。

## 〔第6実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第6実施形態を図1-19, 20を参照して説明する。本実施形態では、論理的リングネットワークトポロジを形成する波長配置を有し、4つの通信端末ノード1-701~704を收容するネットワーク構成を一例として説明する。

図1-19は第6実施形態の光通信ネットワークシステムにおける物理的ネットワーク

トポロジを示す図、図 1-20 は第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムにおける論理的ネットワークトポロジ及びアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の波長配置を示す図である。本実施形態では、アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 として  $4 \times 4$  周回性 AWG を用いている。また、図 1-20 に示す波長配置において、通信ノード装置に与えられる固有の番号 1~4 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入出力ポートの番号と一致するように光ファイバによって通信ノード装置と AWG を接続することを表し、各通信端末ノード 1-701~704 における信号光の波長配置関係が設定されている。この場合、通信ノード装置の数は 4 の場合に相当している。

図 1-19 において、各通信ノード装置 1-701~704 は、信号光の波長を変化させることが可能な WDM インタフェース (以下、WDM-IF と称する) 1-700a と 2 つのメディアアクセス制御部 (以下、MAC と称する) 1-700b, 700c を有し、一方の MAC 1-700b は波長  $\lambda_2$  の信号光を用いて WDM-IF 1-700a を介して通信を行い、他方の MAC 1-700c は波長  $\lambda_4$  の信号光を用いて WDM-IF 1-700a を介して通信を行うように各 MAC 1-700b, 1-700c の信号光波長が設定されている。さらに、各 MAC 1-700b, 1-700c は、受信した信号を折り返して送信する機能を備えている。

また、アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の波長配置が図 1-20 に示すように設定されているので、通信ノード装置 1-701 と通信ノード装置 1-702 との間で波長  $\lambda_2$  の信号光を用いた双方向通信が行われ、通信ノード装置 1-702 と通信ノード装置 1-703 との間で波長  $\lambda_4$  の信号光を用いた双方向通信が行われ、通信ノード装置 1-703 と通信ノード装置 1-704 との間で波長  $\lambda_2$  の信号光を用いた双方向通信が行われ、通信ノード装置 1-704 と通信ノード装置 1-701 との間で波長  $\lambda_4$  の信号光を用いた双方向通信が行われる。これにより、各 MAC 1-700b, 1-700c における外回りの通信 Outer-TX, Outer-RX と内回りの通信 Inner-TX, Inner-RX が行われ、論理的リングネットワークトポロジが形成されている。

図中に示した波長配置により、信号はすべての通信ノード装置 1-701~704 を一周するが、本実施形態では、双方向に信号光を伝送させることを特徴としている。ここでは双方向の波長が同じ波長を使用するように設定しているものの、異なった波長配置であっても本質的には変化しない。また、ここで、センタに配置するアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 として  $4 \times 4$  の規模の AWG を配置した場合の波長配置を示しているが、もちろん、この規模は  $4 \times 4$  に限定されるわけではなく、通信ノード装置の収容数以上の規模であればよい。

この構成において、図 1-21 に示すように、通信ノード装置 1-701 とアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 とを物理的に接続する光ファイバが切断された場合における、ネットワークの救済方式について以下に説明する。

この場合、図 1-22 の論理的ネットワークトポロジに示すように、通信ノード装置 1-701 と通信ノード装置 1-702 との間、および通信ノード装置 1-701 と通信ノード装置 1-704 との間で行われていた通信を、通信ノード装置 1-701 とアレイ導波路回折格子 (AWG)

とを接続する光ファイバが切断された後に各通信ノード装置 1-702,1-704 でそれぞれ折り返すことにより光ファイバ切断の障害を回避することができる。即ち、通信ノード装置 1-701 とアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 とを物理的に接続された光ファイバが切断された場合、通信ノード装置 1-702 の MAC 1-700c によって通信ノード装置 1-703 から受信した信号を折り返して通信ノード装置 1-703 に送信し、通信ノード装置 1-704 の MAC 1-700b によって通信ノード装置 1-703 から受信した信号を折り返して通信ノード装置 1-703 に送信することにより、通信ノード装置 1-702~704 における通信を維持することができる。

尚、図 1-23 に示すように通信ノード装置 1-701 自体に障害が発生した場合も同様である。また、上記のような障害が発生したときにこれを検出して自動的に信号を折り返すようにすることは容易に可能であり、この様に自動的に信号の折り返しを行うことにより、障害発生時におけるネットワークの救済を高速でしかも安定に行うことができる。

#### [第 6-2 実施形態]

前述の論理的リングネットワークポロジにおいては、光ファイバの切断や通信ノード装置の故障による障害発生時でのネットワークの救済手法は、障害発生した通信ノード装置を迂回するための新たな論理的リングネットワークポロジが本光通信ネットワークシステムにおいて再構成可能であることを第 6 実施形態にて示したが、通信ノード装置が 5 台以上である場合、障害発生時での迂回経路は複数存在することになり、通信ノード装置の台数が増えても耐障害性の強いネットワークを構築することができる。ここでは、通信ノード装置台数が 5 台とした場合の実施形態を示す。

図 1-23. 1 に示すように、5 台の通信ノード装置 1-701~705 が入力ポート、出力ポートの数がそれぞれ 5 つ備わる 5 x 5 - アレイ導波路回折格子 (AWG) に光ファイバによって接続され、論理的リングネットワークポロジが構成されている際の光信号の経路と波長配置において、通信ノード装置 5 (1-705) に接続された光ファイバが切断された際、通信ノード装置 1 (1-701) は障害発生している通信ノード装置 5 (1-705) を迂回して、通信ノード装置 4 (1-704) に光信号の経路を新たに構成し、『通信ノード装置 1 (1-701) → 通信ノード装置 2 (1-702) → 通信ノード装置 3 (1-703) → 通信ノード装置 4 (1-704) → 通信ノード装置 1 (1-701)』の論理的リングネットワークポロジが構成可能である。図 1-23. 2 は、このときの、光信号の経路と波長配置を示している。一方、通信ノード装置 1 は、信号光の波長を変化させることによってその他の通信ノード装置との間で経路を構成可能であり、その他の通信ノード装置も同様に任意の経路を構成可能であるため、再構成可能な論理的リングネットワークポロジは、障害発生している通信ノードをスキップした迂回経路に限ることなく、幾何学的にリング状の経路を持つ論理的リングネットワークポロジが再構成可能である。図 1-23. 3 は『通信ノード装置 1 (1-701) → 通信ノード 3 (1-703) → 通信ノード 4 (1-704) → 通信ノード 2 (1-702) → 通信ノード 1 (1-701)』の信号光の経路によって構成された論理的リングネットワークポロジとそのときの波長配置である。このように、

通信ノード装置が増えた際においても、論理的リングネットワークトポロジにおいて迂回経路は複数存在するため、障害発生時におけるネットワークの救済を高速でしかも安定に行うことができる。

#### 〔第7実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第7実施形態を図1-24、1-25を参照して説明する。本実施形態では、1芯の光ファイバを用いて構成しており、各通信ノード装置とアレイ導波路回折格子（AWG）の入出力ポート 1-201~204, 1-301~304 には、光サーキュレータなどの光非相反回路 1-1001~1008 が設けられている。図1-24は第7実施形態における光ネットワークシステムの物理的ネットワークトポロジとその構成を示す図、図1-25は第7実施形態における波長配置を説明する図である。

図1-24において、1-101は入出力ポートをそれぞれN個持つ（Nは整数）アレイ導波路回折格子（AWG）であり、N個の中からその4つの入力ポート 1-201~204 と、同様にN個の中から4つの出力ポート 1-301~304 が用いられ、これらが光非相反回路 1-1001~1008 及び1芯の光ファイバ 1-501~504 を介して4つの通信ノード装置 1-701~704 に接続されている。

通信ノード装置 1-701 は送信器 1-1101 と受信器 1-1201 及び非相反回路 1-1001 を有する光 DEMUX(Demultiplexer)デバイス 1-1401 を備えている。非相反回路 1-1001 は送信器 1-1101 の出力端と受信器 1-1201 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-501 及び非相反回路 1-1005 を介してアレイ導波路回折格子（AWG） 1-101 の入力ポート 1-201 と出力ポート 1-301 に接続されている。

通信ノード装置 1-702 は送信器 1-1102 と受信器 1-1202 及び非相反回路 1-1002 を有する光 DEMUX(Demultiplexer)デバイス 1-1402 を備えている。非相反回路 1-1002 は送信器 1-1102 の出力端と受信器 1-1202 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-502 及び非相反回路 1-1006 を介してアレイ導波路回折格子（AWG） 1-101 の入力ポート 1-202 と出力ポート 1-302 に接続されている。

通信ノード装置 1-703 は送信器 1-1103 と受信器 1-1203 及び非相反回路 1-1003 を有する光 DEMUX(Demultiplexer)デバイス 1-1403 を備えている。非相反回路 1-1003 は送信器 1-1103 の出力端と受信器 1-1203 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-503 及び非相反回路 1-1007 を介してアレイ導波路回折格子（AWG） 1-101 の入力ポート 1-203 と出力ポート 1-303 に接続されている。

通信ノード装置 1-704 は送信器 1-1104 と受信器 1-1204 及び非相反回路 1-1004 を有する光 DEMUX(Demultiplexer)デバイス 1-1404 を備えている。非相反回路 1-1004 は送信器 1-1104 の出力端と受信器 1-1204 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-504 及び非相反回路 1-1008 を介してアレイ導波路回折格子（AWG） 1-101 の入力ポート 1-204 と出力ポート 1-304 に接続されている。

また、アレイ導波路回折格子（AWG） 1-101 と各非相反回路 1-1001~1008 は、図1-

25に示す波長配置を満たすように信号光のルーティングが設定されている。即ち、通信ノード装置 1-701 から送信された波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ の信号光は記述の順に通信ノード装置 1-701,702,703,704 に送られる。また、通信ノード装置 1-702 から送信された波長 $\lambda_4$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ の信号光は記述の順に通信端末ノード 1-701,702,703,704 に送られ、通信ノード装置 1-703 から送信された波長 $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ の信号光は記述の順に通信ノード装置 1-701,702,703,704 に送られ、通信ノード装置 1-704 から送信された波長 $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ ,  $\lambda_1$ の信号光は記述の順に通信ノード装置 1-701,702,703,704 に送られる。本実施形態では、各通信ノード装置 1-701~704 の送受信器の送受信波長を $\lambda_2$ に設定することにより論理的リングネットワークトポロジを構成している。

#### 〔第8実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第8実施形態を図1-26を参照して説明する。本実施形態は図1-24, 25に示した第7の形態を元にした光通信ネットワークシステムであり、ファイバ断線などの障害が発生した場合の障害回避を考慮した構成を有するシステムである。

即ち、図1-19, 1-20に示した第6実施形態や図1-24, 1-25に示した第7実施形態では、1芯の光ファイバを用いて通信ノード装置とアレイ導波路回折格子 (AWG) との間を接続しているため、これらの間の光ファイバが切断されると特定の通信ノード装置 1-701 が孤立してしまうという問題点がある。

これに対して、本実施形態では、送受信系統の光ファイバを2重化して光ファイバ切断等の障害時においても特定の通信ノード装置が孤立しない方法を実現可能にしている。

即ち、図1-26に示す第8実施形態では、入出力ポート数をそれぞれN個具備する (Nは整数) アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101,1-102 を備え、それぞれの4つの入力ポート 1-201~204, 1-205~208 と4つの出力ポート 1-301~304, 1-305~308 が本実施形態で用いられ、これらが1芯の光ファイバ 1-501~516 を介して4つの通信ノード装置 1-701~704 に接続されている。

通信ノード装置 1-701 は、送信器 1-1101 と受信器 1-1201 を有するトランシーバ 1-1501 と、送信器 1-1102 と受信器 1-1202 を有するトランシーバ 1-1502 を備えている。トランシーバ 1-1501 の送信器 1-1101 の出力端は光ファイバ 1-502 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-201 に接続され、受信器 1-1201 の入力端は光ファイバ 1-501 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-301 に接続されている。また、トランシーバ 1-1502 の送信器 1-1102 の出力端は光ファイバ 1-503 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 102 の入力ポート 1-205 に接続され、受信器 1-1202 の入力端は光ファイバ 1-504 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の出力ポート 1-305 に接続されている。

通信ノード装置 1-702 は、送信器 1-1103 と受信器 1-1203 を有するトランシーバ 1-1503 と、送信器 1-1104 と受信器 1-1204 を有するトランシーバ 1-1504 を備えている。トランシ



ーバ 1-1503 の送信器 1-1103 の出力端は光ファイバ 1-505 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-202 に接続され、受信器 1-1203 の入力端は光ファイバ 1-506 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-302 に接続されている。また、トランシーバ 1-1504 の送信器 1-1104 の出力端は光ファイバ 1-507 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-206 に接続され、受信器 1-1204 の入力端は光ファイバ 1-508 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の出力ポート 1-306 に接続されている。

通信ノード装置 1-703 は、送信器 1-1105 と受信器 1-1205 を有するトランシーバ 1-1505 と、送信器 1-1106 と受信器 1-1206 を有するトランシーバ 1-1506 を備えている。トランシーバ 1-1505 の送信器 1-1105 の出力端は光ファイバ 1-509 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-203 に接続され、受信器 1-1205 の入力端は光ファイバ 1-510 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-303 に接続されている。また、トランシーバ 1-1506 の送信器 1-1106 の出力端は光ファイバ 1-511 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-207 に接続され、受信器 1-1206 の入力端は光ファイバ 1-512 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の出力ポート 1-307 に接続されている。

通信ノード装置 1-704 は、送信器 1-1107 と受信器 1-1207 を有するトランシーバ 1-1507 と、送信器 1-1108 と受信器 1-1208 を有するトランシーバ 1-1508 を備えている。トランシーバ 1-1507 の送信器 1-1107 の出力端は光ファイバ 1-513 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-204 に接続され、受信器 1-1207 の入力端は光ファイバ 1-514 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-304 に接続されている。また、トランシーバ 1-1508 の送信器 1-1108 の出力端は光ファイバ 1-515 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-208 に接続され、受信器 1-1208 の入力端は光ファイバ 1-516 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の出力ポート 1-308 に接続されている。

上記構成のように 2 重化冗長構成を持たせることによって、送受信系統の光ファイバが 2 重化されているので、光ファイバ切断等の障害時においても特定の通信ノード装置が孤立することがない。

尚、トランシーバ 1-1501~1508 とアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101,1-102 との間を 2 心の光ファイバを用いて接続してもよい。

#### [第 9 実施形態]

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第 9 実施形態を図 1-27 を参照して説明する。本実施形態は、第 8 実施形態と同様に、図 1-24, 1-25 に示した第 7 の形態を元にしたシステムであり、ファイバ断線などの障害が発生した場合の障害回避を考慮した構成を有するシステムである。

即ち、第 9 実施形態では、第 7 実施形態の構成を 2 つ重畳させることにより、通信ノード

ド装置とアレイ導波路回折格子 (AWG) との間を接続している光ファイバ切断等の障害時においても特定の通信ノード装置が孤立しない方法を実現可能にしている。また、第9実施形態の構成では、1芯の光ファイバを用いて構成しており、各通信ノード装置とアレイ導波路回折格子 (AWG) の送受信ポートには、光サーキュレータなどの光非相反回路が設けられている。

図1-27に示す第9実施形態では、入出力ポート数がそれぞれN個ずつ備わるアレイ導波路回折格子 (AWG) を2個 1-101, 1-102 備え、N個の中からそれぞれの4つの入力ポート 1-201~204, 1-205~208 と4つの出力ポート 1-301~304, 1-305~308 が用いられ、これらが光非相反回路 1-1001~1016 及び1芯の光ファイバ 1-501~508 を介して4つの通信ノード装置 1-701~704 に接続されている。

通信ノード装置 1-701 は、送信器 1-1101 と受信器 1-1201 及び非相反回路 1-1001 を有する光 DEMUX デバイス 1-1401 と、送信器 1-1102 と受信器 1-1202 及び非相反回路 1-1002 を有する光 DEMUX デバイス 1-1402 を備えている。

非相反回路 1-1001 は送信器 1-1101 の出力端と受信器 1-1201 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-501 及び非相反回路 1-1005 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-201 と出力ポート 1-301 に接続されている。

非相反回路 1-1002 は送信器 1-1102 の出力端と受信器 1-1202 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-502 及び非相反回路 1-1013 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-205 と出力ポート 1-305 に接続されている。

通信ノード装置 1-702 は、送信器 1-1103 と受信器 1-1203 及び非相反回路 1-1003 を有する光 DEMUX デバイス 1-1403 と、送信器 1-1104 と受信器 1-1204 及び非相反回路 1-1004 を有する光 DEMUX デバイス 1-1404 を備えている。

非相反回路 1-1003 は送信器 1-1103 の出力端と受信器 1-1203 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-503 及び非相反回路 1-1006 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-202 と出力ポート 1-302 に接続されている。

非相反回路 1-1004 は送信器 1-1104 の出力端と受信器 1-1204 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-504 及び非相反回路 1-1014 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-206 と出力ポート 1-306 に接続されている。

通信ノード装置 1-703 は、送信器 1-1105 と受信器 1-1205 及び非相反回路 1-1009 を有する光 DEMUX デバイス 1-1405 と、送信器 1-1106 と受信器 1-1206 及び非相反回路 1-1010 を有する光 DEMUX デバイス 1-1406 を備えている。

非相反回路 1-1009 は送信器 1-1105 の出力端と受信器 1-1205 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-505 及び非相反回路 1-1007 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-203 と出力ポート 1-303 に接続されている。

非相反回路 1-1010 は送信器 1-1106 の出力端と受信器 1-1206 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-506 及び非相反回路 1-1015 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102

の入力ポート 1-207 と出力ポート 1-307 に接続されている。

通信ノード装置 1-704 は、送信器 1-1107 と受信器 1-1207 及び非相反回路 1-1011 を有する光 DEMUX デバイス 1-1407 と、送信器 1-1108 と受信器 1-1208 及び非相反回路 1-1012 を有する光 DEMUX デバイス 1-1408 を備えている。

非相反回路 1-1011 は送信器 1-1107 の出力端と受信器 1-1207 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-507 及び非相反回路 1-1008 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-204 と出力ポート 1-304 に接続されている。

非相反回路 1-1012 は送信器 1-1108 の出力端と受信器 1-1208 の入力端に接続されると共に光ファイバ 1-508 及び非相反回路 1-1016 を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-102 の入力ポート 1-208 と出力ポート 1-308 に接続されている。

上記構成のように 2 重化冗長構成を持たせるによって、送受信系統の光ファイバが 2 重化されているので、光ファイバ切断等の障害時においても特定の通信ノード装置が孤立することがない。

また、上記 2 重化冗長構成を持つ場合、1 芯の光ファイバを用いた場合でも、2 芯の光ファイバを用いた場合でも、同時に双方向に信号光を伝送することにより、当該一方の光ファイバが切断されても、特定の通信ノード装置が孤立することではなく、より安定なネットワーク構成を実現することができる。

#### [第 10 実施形態]

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第 10 実施形態を図 1-28 を参照して説明する。図 1-28 において、図 1-27 に示した第 9 実施形態と同一構成部分は同一符号をもって表しその説明を省略する。また、第 10 実施形態と第 9 実施形態との相違点は、前述した第 9 実施形態における送信器 1-1101~1108 に代えて可変波長光源を用いた送信器 1-901~908 を備えたことである。

この様に、波長可変光源を有する送信器 1-901~908 を用いることにより、論理的リングネットワークトポロジを構成している場合、信号光の波長を可変して、障害が発生して通信不能になった通信ノード装置をスキップして（飛び越して）障害を回避することが可能である。尚、波長可変光源に代えて多波長光源アレイを用いても同様の効果を得ることができる。

#### [第 11 実施形態]

第 11 実施形態では、第 6 実施形態の光通信ネットワークシステムに上記第 10 実施形態のような波長可変光源を有する送信器を適用した一例について図 1-29, 1-30 を参照して説明する。図 1-29 は第 11 実施形態における光通信ネットワークシステムの物理的ネットワークトポロジとその構成を示す図、図 1-30 は第 11 実施形態における光ネットワークシステムの論理的ネットワークトポロジと構成を示す図である。

図 1-29, 1-30 において、図 1-19, 1-20 に示す第 6 実施形態と同一構成部分は同一符号をもって表しその説明を省略する。

本実施形態は、第6実施形態と同様に、論理的リングネットワークポロジを持つ波長配置を有し、4つの通信ノード装置 1-701~704 を収容するネットワーク構成であり、信号はすべての通信ノード装置 1-701~704 を一周している。本実施形態では、単方向、あるいは双方向に信号光を伝送させることを特徴としているが、特定の光ファイバ断線、あるいは特定の通信ノード装置の障害に対して、障害が発生した地点の直前の通信ノード装置から障害が発生した通信ノード装置をスキップして（飛び越して）次の通信ノード装置に送信するように、各通信ノード装置 1-701~704 に配置された波長可変光源によって送信波長を選択することを特徴としている。

例えば、図1-29に示すように、通信ノード装置 1-701 とアレイ導波路回折格子（AWG）1-101 との間の通信が不能になったとき、すなわち、論理的リングネットワークポロジにおいて通信ノード装置 1-701 と通信ノード装置 1-702, 1-704 との間の通信が不能になったとき、図1-30に示すように、通信ノード装置 1-702, 1-704 のそれぞれにおいて通信ノード装置 1-701 との通信に用いていた信号光の波長を波長 $\lambda_1$ に代えることにより通信ノード装置 1-701 をスキップして（飛び越して）通信ノード装置 1-702 と通信ノード装置 1-704 との間の通信を確立した論理的リングネットワークポロジを形成することができる。これにより、障害が発生した場合、通信可能な通信ノード装置間での論理的リングネットワークポロジを確立して通信を維持することができる。

尚、上記のような障害が発生したときにこれを検出して自動的に信号光の波長を切り替えるようにすることは容易に可能であり、この様に自動的に信号光の波長を切り替えることにより、障害発生時の対処を高速でしかも安定に行うことができる。

#### 〔第12実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第12実施形態を図1-31を参照して説明する。図1-31は第12実施形態の光通信ネットワークシステムの物理的ネットワークポロジとその構成を示す図である。

第12実施形態のシステムは、前述した第7実施形態における送信器 1-1101~1104 に代えて波長可変光源を有する送信器 1-901~904 を設けると共に、受信器 1-1201~1204 と非相反回路（光サーキュレータ） 1-1001~1004 との間に波長可変フィルタ 1-1501~1504 を設けたシステムである。ここでは、例として、4個の通信ノード装置 1-701~704 を1芯の光ファイバ 801~804 で接続する場合について説明する。

各通信ノード装置 1-701~704 には所望の通信ノード装置に向けて信号を送信するための波長可変光源を有する送信器 1-901~904 と、他の通信ノード装置から送られてきた種々の波長の信号光のうちの1つの波長の信号光を選別するための波長可変フィルタ 1-1501~1504 を配置している。

この例では、受信器 1-1201~1204 と可変波長フィルタ 1-1501~1504 は各通信ノード装置に一对具備する例を示したが、もちろん複数の波長の信号光を同時に受信するために、複数対の受信器と波長可変フィルタを配置してもよい。

論理的ネットワークトポロジを変更する場合や通信ノード装置を追加する場合、その通信ノード装置との送受信に関連する通信ノード装置においては送信用の光源の波長を変化させる必要があるが、同時に、受信側も、多くの波長を選択して受信する必要があるため、受信した波長に応じた波長可変フィルタを設置することにより、必要以上の受信器を配置する必要がないので、経済的に優れている。

尚、この実施形態では、1芯光ファイバを用いた単一経路の場合について説明したが、冗長化された構成や2芯光ファイバを用いた場合でも同様である。さらに、通信ノード装置の数も4に限定されるものではない。

### 〔第13実施形態〕

次に、本発明の光通信ネットワークシステムに係る第13実施形態を図1-32を参照して説明する。

図1-32は第13実施形態のネットワーク構成を示す図で、一例として、4個の通信ノード装置1-701~704を2芯光ファイバ1-501~508で接続する構成を示している。もちろん通信ノード装置の数は4に限定されるものではない。

図1-32において、1-101は前述と同様のアレイ導波路回折格子(AWG)、1-701~704は通信ノード装置、1-1601は中央制御装置、1-1801~1816はWDMカプラである。

通信ノード装置1-701~704は、中央制御装置と通信を行うための制御用送受信器1-1701~1704と、他のノード装置との通信を行うためのデータ送受信用の送受信器1-2501~2504、WDMカプラ1-1801~1808、分流器1-2101~2104を備えている。

制御用送受信器1-1701~1704は制御用信号受信部1-1901~1904と制御用信号送信部1-2001~2004を備え、制御用信号受信部1-1901~1904の入力端はWDMカプラ1-1802,1804,1806,1808に接続され、管理用信号送信部1-2001~2004の出力端はWDMカプラ1-1801,1803,1805,1807に接続されている。制御信号受信部1-1901~1904は中央制御装置1-1601から送られてくる制御信号を受信し、制御信号送信部1-2001~2004は中央制御装置1-1601へ制御信号を送信する。

送受信器1-2501~2504は、波長可変光源を有する送信器1-901~904とモニタフォトディテクタ(以下、モニタPDと称する)1-2201~2204と、波長可変フィルタ1-1501~1504を備えた受信器1-1201~1204を備えている。

送信器1-901~904の出力端は分流器1-2101~2104を介してWDMカプラ1-1801,1803,1805,1807とモニタPD1-2201~2204に接続されている。また、受信器1-1201~1204の入力端は波長可変フィルタ1-1501~1504を介してWDMカプラ1-1802,1804,1806,1808に接続されている。

WDMカプラ1-1801,1803,1805,1807は、対向に配置されているWDMカプラ1-1809~1812をそれぞれ介して制御用送受信器1-1705~1708の制御信号受信部1-1905~1908とアレイ導波路回折格子(AWG)1-101の入力ポート1-201~204に接続されている。

中央制御装置1-1601は4つの制御用送受信器1-1705~1708とその制御部1-1600を有

し、制御用送受信器 1-1705～1708 は制御信号受信部 1-1905～1908 と制御信号送信部 1-2005～2008 を備えている。

制御信号送信部 1-2005～2008 の出力端はWDMカプラ 1-1813～1816 の一方の入力端に接続され、WDMカプラ 1-1813～1816 の他方の入力端は記述の順にアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-301～304 に接続されている。さらに、WDMカプラ 1-1813～1816 の出力端は対向に配置されているWDMカプラ 1-1802,1804,1806,1808 の入力端に接続されている。

また、アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 は、入力ポート 1-201,202,203,204 に入力された信号光を出力ポート 1-302,303,304,301 に記述の順に対応して出力するように設定されている。

上記構成の光通信ネットワークシステムでは、各通信ノード装置 1-701～704 で送受信される信号光 1-2301～2308 として、その波長が 1.5 ミクロン帯の光を用いている。同時に、このネットワークを管理するために、当該通信波長帯 (1.5 ミクロン帯) とは異なる波長、例えば 1.3 ミクロン帯の波長の光を管理用信号 1-2401～2408 として用いている。

各通信ノード装置 1-701～704 から送出された信号光 1-2301～2304 と制御信号 1-2401～2404 は、各通信ノード装置 1-701～704 に配置された WDM カプラ 1-1801,1803,1805,1807 で合波された後にアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 へ向けて送信される。当該アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 方向に送信された信号光 1-2301～2304 と制御信号 1-2401～2404 は、当該アレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 に到達する前にWDMカプラ 1-1809～1812 で分波され、本信号 1-2301～2304 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入力ポート 1-201～204 に導入され、制御信号 1-2401～2404 は中央制御装置 1-1601 に配置された制御信号送受信部 1-1705～1708 の制御信号受信部 1-1905～1908 に導入され、各通信ノード装置 1-701～704 の通信状態の制御を行うことができる。

さらに、各通信ノード装置 1-701～704 にはモニタ PD 1-2201～2204 が配置されているため、各通信ノード装置 1-701～704 に配置した波長可変光源を有する送信器 1-901～904 から送信された一部の光を分流器 1-2101～2104 を介してモニタ PD 1-2201～2204 に導入することにより、送信された本信号 1-2301～2304 の光の状態を監視することができる。

中央制御装置 1-1601 からは、各通信ノード装置 1-701～704 に対して制御信号 1-2405～2408 を 1.3 ミクロン帯の光で送信し、その制御信号 1-2405～2408 とアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の出力ポート 1-301～304 から出力された信号光 1-2304,2301,2302,2303 とをWDMカプラ 1-1813～1816 を用いて合波し、各通信ノード装置 1-701～704 へ送信する。

各通信ノード装置 1-701～704 で受信された信号光 1-2301～2304 と制御信号 1-2405～2408 は、各通信ノード装置 1-701～704 に配置されたWDMカプラ 1-1802,1804,1806,1808 で再び分波され、信号光 1-2301～2304 は波長可変フィルタ 1-1501～1504 を介して各受信

器 1-1201~1204 に導入され、制御信号 1-2405~2408 は各通信ノード装置 1-701~704 に配置された制御信号送受信機 1-1701~1704 に導入される。

この構成により、各通信ノード装置 1-701~704 の状態やネットワークトポロジの変更、あるいは通信ノード装置の挿入や離脱を中央制御装置 1-1601 で一元管理することが可能となる。ここで制御信号 1-2401~2408 の光の波長として、1. 3 ミクロン帯の波長の光を用いたが、本信号用の光の波長と分離できるならばどの波長を用いてもよい。また、本実施形態では、制御信号 1-2405~2408 を信号光 1-2301~2304 と同じ光ファイバを通じて送受信する例を示しているが、この制御信号 1-2405~2408 を当該光ファイバとは異なる別の光ファイバ、或いはインターネット等の別の通信経路を通じて送受信しても良い。

尚、前述した各実施形態に示した波長配置は、上記実施形態に限らず、使用するアレイ導波路回折格子 (AWG) 1-101 の入出力ポートのどのポートに接続するかで決まるものであり、任意の波長配置が可能であることは言うまでもない。

#### [第 1 4 実施形態]

図 2-1 は本発明の第 1 4 実施形態における論理的ネットワークトポロジ可変の光ネットワークシステムの全体構成を示す図である。同図では、通信端末装置 (2-1001~1004)、アレイ導波路回折格子 (AWG) 光入出力ポート (2-201~204) それぞれを 4 としているが、2 以上の整数であれば良い。また、図中ではアレイ導波路回折格子 (AWG) (2-101) 及び中央制御装置 (2-2001) をそれぞれ 1 台として表しているが、冗長化構成を行った場合は複数台設置しても良い。

後述の主信号には I T U グリッド上に配置した 1. 5 ミクロン帯の波長光が、制御信号には 1. 3 ミクロン帯の波長光が好ましく使用できるが、これに限定されことなく主信号と制御信号には両信号を分離することが可能な波長光が適宜使用できる。また、後述の WDM カップラには異なる光波長を持つ主信号と制御信号を分離または結合できるものが用いられている。

通信端末装置 (2-1001~1004) の光入出力ポート (2-901~904) が光ファイバなどの光導波路 (2-1801~1804) によって通信ノード装置 (2-301~304) の通信端末装置側光入出力ポート (2-601~604) に接続され、前記通信端末装置からの信号光は通信ノード装置 (2-301~304) によって、WDM 信号波長へと波長変換される。WDM 信号光は通信ノード装置 (2-301~304) の WDM 光入出力ポート (2-401~404) から出力され、光ファイバなどの光導波路 (2-1401~1404) によって接続された WDM カップラ (2-1201~1204) によって伝送路となる光ファイバなどの光導波路 (2-1101~1104) へと導波され、次段の WDM カップラ (2-1301~1304) へと到達した後に、光ファイバなどの光導波路 (2-1601~1604) に導波され、アレイ導波路回折格子 (AWG) (2-101) の光入出力ポート (2-201~204) へと導かれる。

アレイ導波路回折格子 (AWG) (2-101) では、入力する光信号の波長によって、異なる光ポートへの光レイヤでのルーティングを行う。したがって、通信端末装置 (2-1001~1004) からの出力信号光を通信ノード装置 (2-301~304) によって波長を変換することによって、アレ

イ導波路回折格子(AWG)(2-101)により、対向設置されている任意の通信端末装置(2-1001～1004)に自在に経路を向けることが可能となる。

通信ノード装置(2-301～304)での波長変換機能を制御するに当たっては、中央制御装置(2-2001)が、複数の通信ノード装置(2-301～304)に対して一括に制御する。制御を行うに当たり、通信ノード装置(2-301～304)と中央制御装置(2-2001)の間で通信を行うが、図2-1では通信ノード装置(2-301～304)からのWDM信号光を伝送している光ファイバなどの光導波路(2-1101～1104)をその通信での伝送路として共用している。

ただし、共有することは必ずしも必要ではなく、別の光ファイバなどの光導波路を設置して集約機(2-1901)に接続しても良い。

通信ノード装置(2-301～304)の制御信号入出力ポート(2-501～504)からの制御信号は光ファイバなどの光導波路(2-1501～1504)によってWDMカップラ(2-1201～1204)に届き、光ファイバなどの光導波路(2-1101～1104)によって対向するWDMカップラ(2-1301～1304)へと到達する。その後、光ファイバなどの光導波路(2-1701～1704)によって、集約機(2-1901)へと届き、全ての通信ノード装置(2-301～304)からの制御信号が集約機(2-1901)に到達し、中央制御装置(2-2001)の制御信号光入出力ポート(2-2201)へと届き、制御信号は中央制御装置(2001)によって演算される。また、その逆に、中央制御装置(2-2001)からの制御信号は中央制御装置の光入出力ポート(2-2201)→集約機(2-1901)→WDMカップラ(2-1301～1304)→WDMカップラ(2-1201～1204)→通信ノード装置(2-301～304)の制御信号入出力ポート(2-501～504)へと到達する。

通信ノード装置(2-301～304)のそれぞれは通信ノード装置内部データベース(2-701～704)と通信ノード装置外部データベース(2-801～804)（ノードデータベース）が接続されており、中央制御装置(2-2001)では中央制御装置内部データベース(2-2301)と中央制御装置外部データベース(2-2401)（中央データベース）が接続される。

#### 〔第15実施形態〕

図3-1は本発明に係る光通信ネットワークシステムの第15実施形態を示すもので、アレイ導波路回折格子(AWG)、および集約器の構成をネットワーク構成と共に図示しており、通信ノード装置内部に光スイッチを導入した事例を示している。図中の3-10, 20, 30, 40は通信ノード装置、3-51はアレイ導波路回折格子(AWG)、3-61は集約機、3-62は中央制御装置、3-71～78と3-81～88は光ファイバ等の光伝送路である。

図3-1に示したシステムは4個の通信ノード装置3-10, 20, 30, 40がアレイ導波路回折格子(AWG)3-51に光ファイバによって物理的に接続された物理的スターネットワークトポロジを有する。

後述の主信号にはITUグリッド上に配置した1.5ミクロン帯の波長光が、制御信号には1.3ミクロン帯の波長光が好ましく使用できるが、これに限定されることなく主信号と制御信号には両信号を分離することが可能な波長光が適宜使用できる。また、後述の



WDMカップラには異なる光波長を持つ主信号と制御信号を分離または結合できるものが用いられている。

通信ノード装置 3-10は、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51からの入力信号を主信号と制御信号とに分離する第1WDM (Wavelength Division Multiplexing; 波長分割多重) カップラ 3-11aと、第1WDMカップラ 3-11aからの主信号を波長別に分波する分波器 3-12aと、分波器 3-12aからの主信号の方路を変更送出する4×4の第1光スイッチ 3-13aと、第1光スイッチ 3-13aからの主信号が送出される4個の光検出器 3-14a1, 14b1, 14c1, 14d1とを備える。

また、通信ノード装置 3-10は、出力側に変調器 3-14a3, 14b3, 14c3, 14d3をそれぞれ有するSSG-DBRレーザ等の4個の波長可変光源 3-14a2, 14b2, 14c2, 14d2と、各波長可変光源 3-14a2, 14b2, 14c2, 14d2からの変調後の主信号の方路を変更する4×4の第2光スイッチ 3-13bと、第2光スイッチ 3-13bからの主信号を合波する合波器 3-12bと、合波器 3-12bからの主信号にノード制御部 3-15からの制御信号を結合して出力する第2WDMカップラ 3-11bとを備える。各波長可変光源 3-14a2, 14b2, 14c2, 14d2として直接変調機能を有するものを使用する場合には各変調器 3-14a3, 14b3, 14c3, 14d3は必ずしも必要ではない。また、各波長可変光源 3-14a2, 14b2, 14c2, 14d2は前記の各光検出器 3-14a1, 14b1, 14c1, 14d1とそれぞれ対を成して全体として主信号送受信部 3-14を構成している。

さらに、通信ノード装置 3-10は、第1WDMカップラ 3-11aに接続された入力ポート 3-15a1と、第2WDMカップラ 3-11bに接続された出力ポート 3-15a2と、マイコン構成の制御回路 (図示省略) を有する通信ノード装置制御部 3-15を備える。この制御回路は、第1WDMカップラ 3-11aからの制御信号に基づいて各波長可変光源 3-14a2, 14b2, 14c2, 14d2の出力波長と各光スイッチ 3-13a, 13bの光路を制御すると共に、通信ノード装置 3-10の通信状態情報を含む制御信号を第2WDMカップラ 3-11bに送出する役目を果たす。

他の3個の通信ノード装置 3-20, 30, 40の構成は前記通信ノード装置 3-10と同じ構成を有している。因みに、3-21a, 31a, 41aは第1WDMカップラ、3-22a, 32a, 42aは分波器、3-23a, 33a, 3-43aは4×4の第1光スイッチ、3-24, 34, 44は主信号送受信部、3-24a1, 24b1, 24c1, 24d1, 34a1, 34b1, 34c1, 34d1, 44a1, 44b1, 44c1, 44d1は光検出器、3-24a2, 24b2, 24c2, 24d2, 34a2, 34b2, 34c2, 34d2, 44a2, 44b2, 44c2, 44d2は波長可変光源、3-24a3, 24b3, 24c3, 24d3, 34a3, 34b3, 34c3, 34d3, 44a3, 44b3, 44c3, 44d3は変調器、3-23b, 33b, 43bは4×4の第2光スイッチ、3-22b,

3・2 b, 4・2 bは合波器、3・2 1 b, 3 1 b, 4 1 bは第2 WDMカップラ、3・2 5, 3 5, 4 5はノード制御部、3・2 5 a 1, 3 5 a 1, 4 5 a 1は入力ポート、3・2 5 a 2, 3 5 a 2, 4 5 a 2は出力ポートである。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1は、4個の入力ポート 3・5 1 a～5 1 dと4個の出力ポート 3・5 1 e～5 1 hを有する4×4のAWG (Arrayed Waveguide Grating; アレイ導波路回折格子) 型合分波器からなり、各入力ポート 3・5 1 a～5 1 dに対応して設けられた4個のWDMカップラ 3・5 2 a～5 2 dと、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1の各出力ポート 3・5 1 e～5 1 hに対応して設けられた4個のWDMカップラ 3・5 2 e～5 2 hとを備える。入力ポート側の各WDMカップラ 3・5 2 a～5 2 dは、各通信ノード装置 3・1 0, 2 0, 3 0, 4 0からの入力信号を主信号と制御信号とに分離して、制御信号を集約機 6 1に送出し主信号を各入力ポート 3・5 1 a～5 1 dに送出する役目を果たす。また、出力側の各WDMカップラ 3・5 2 e～5 2 hは、集約機 3・6 1からの制御信号をアレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1からの出力信号に結合する役目を果たす。

集落器 3・6 1は、中央制御装置 3・6 2が接続され、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1の各WDMカップラ 3・5 2 a～5 2 dに対応した4個の入力ポート 3・6 1 a 1, 6 1 b 1, 6 1 c 1, 6 1 d 1と、各WDMカップラ 3・5 2 e～5 2 hに対応し入力ポート 3・6 1 a 1, 6 1 b 1, 6 1 c 1, 6 1 d 1と対を成す4個の出力ポート 3・6 1 a 2, 6 1 b 2, 6 1 c 2, 6 1 d 2と、中央制御装置 3・6 2との間で制御信号の送受を行う主入力ポート 3・6 1 e 1及び主出力ポート 3・6 1 e 2とを備える。中央制御装置 3・6 2は、集約機 3・6 1の主出力ポート 3・6 1 e 2に接続された入力ポート 3・6 2 a 1と、主入力ポート 3・6 1 e 1に接続された出力ポート 3・6 2 a 2と、マイコン構成の制御回路 (図示省略) とを備える。この制御回路は、集約機 3・6 1の4対の入出力ポートの何れか1つを主入力ポート 3・6 1 e 1及び主出力ポート 3・6 1 e 2に切り替え接続して、波長変更情報を含む制御信号を所定の主力ポートから出力すると共に、所定の入力ポートからの通信状態情報を含む制御信号を取り込んで同制御信号に基づいて各通信ノード装置の通信状態を監視する役目を果たす。

光伝送路 3・7 1は通信ノード装置 3・1 0の第1 WDMカップラ 3・1 1 aの入力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1のWDMカップラ 3・5 2 eの出力側とを接続し、光伝送路 3・7 2は通信ノード装置 3・1 0の第2 WDMカップラ 3・1 1 bの出力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1のWDMカップラ 3・5 2 aの入力側とを接続している。光伝送路 3・7 3は通信ノード装置 3・2 0の第1 WDMカップラ 3・2 1 aの入力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1のWDMカップラ 3・5 2 fの出力側とを接続し、光伝送路 3・7 4は通信ノード装置 3・2 0の第2 WDMカップラ 3・2 1 bの出力側のとアレイ導波路回折格子 (AWG) 3・5 1のWDMカップラ 3・5 2 bの入力側とを接続している。光伝送路 3・7 5は通信ノード装置 3・3 0の第1 WDMカップラ 3・3 1 aの入力側とアレイ導波路回

折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 g の出力側とを接続し、光伝送路 3-7 6 は通信ノード装置 3-3 0 の第 2 WDM カップラ 3-3 1 b の出力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 c の入力側とを接続している。光伝送路 3-7 7 は通信ノード装置 3-4 0 の第 1 WDM カップラ 3-4 1 a の入力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 h の出力側とを接続し、光伝送路 3-7 8 は通信ノード装置 3-4 0 の第 2 WDM カップラ 3-4 1 b の出力側とアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 d の入力側とを接続している。

光伝送路 3-8 1 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 a の出力側と集約機 3-6 1 の入力ポート 3-6 1 a 1 とを接続し、光伝送路 3-8 2 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 e の入力側と集約機 3-6 1 の出力ポート 3-6 1 a 2 とを接続している。光伝送路 3-8 3 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 に備えられた WDM カップラ 3-5 2 b の出力側と集約機 3-6 1 の入力ポート 3-6 1 b 1 とを接続し、光伝送路 3-8 4 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 f の入力側と集約機 3-6 1 の出力ポート 3-6 1 b 2 とを接続している。光伝送路 3-8 5 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 c の出力側と集約機 3-6 1 の入力ポート 3-6 1 c 1 とを接続し、光伝送路 3-8 6 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 g の入力側と集約機 3-6 1 の出力ポート 3-6 1 c 2 とを接続している。光伝送路 3-8 7 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 d の出力側と集約機 3-6 1 の入力ポート 3-6 1 d 1 とを接続し、光伝送路 3-8 8 はアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-5 1 の WDM カップラ 3-5 2 h の入力側と集約機 3-6 1 の出力ポート 3-6 1 d 2 とを接続している。

以下に、スター型物理的ネットワークポロジを有する図 3-1 に示したシステムによって構成可能な各種の論理的ネットワークポロジについて説明する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 5 1 として図 3-2 A に示すような波長周回性を有するものを用いて、図 3-2 B に示すようなフルメッシュ型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、各通信ノード装置 3-1 0, 2 0, 3 0, 4 0 の各波長可変光源の波長を  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$  に設定し、各波長の主信号を第 2 光スイッチ 3-1 3 b, 2 3 b, 3 3 b, 4 3 b を介して各合波器 3-1 2 b, 2 2 b, 3 2 b, 4 2 b に送出すると共に、各分波器 3-1 2 a, 2 2 a, 3 2 a, 4 2 a で分波された各波長の主信号を第 1 光スイッチ 3-1 3 a, 2 3 a, 3 3 a, 4 3 a を介して各光検出器に送出する。

このフルメッシュ型論理的ネットワークポロジにあつては、図 3-2 B に示すように、通信ノード装置 3-1 0 と通信ノード装置 3-2 0 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-1 0 と通信ノード装置 3-3 0 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-1 0 と通信ノード装置 3-4 0 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-2 0 と通信ノード装置 3-3 0 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-2 0 と通信ノード装置 3-4 0 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、

通信ノード装置 3-30 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 として図 3-3A に示すような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図 3-3B に示すようなリング型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、図 3-4 に示すように、通信ノード装置 3-10 の波長可変光源 3-14a2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-14b2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-14a2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-12b の入力ポート P3 に送出され、波長可変光源 3-14b2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-12b の入力ポート P2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-13b の光路を設定する。また、分波器 3-12a の出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-14a1 に送出され、出力ポート P4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-14b1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-13a の光路を設定する。

また、通信ノード装置 3-20 の波長可変光源 3-24a2 の波長を  $\lambda_4$  に設定し、波長可変光源 3-24b2 の波長を  $\lambda_3$  に設定すると共に、波長可変光源 3-24a2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-22b の入力ポート P4 に送出され、波長可変光源 3-24b2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-22b の入力ポート P3 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-23b の光路を設定する。また、分波器 3-22a の出力ポート P2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-24a1 に送出され、出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-24b1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-23a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30 の波長可変光源 3-34a2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-34b2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-34a2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-32b の入力ポート P3 に送出され、波長可変光源 3-34b2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-32b の入力ポート P2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-33b の光路を設定する。また、分波器 3-32a の出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-34a1 に送出され、出力ポート P4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-34b1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-33a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40 の波長可変光源 3-44a2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-44b2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、波長可変光源 3-44a2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-42b の入力ポート P3 に送出され、波長可変光源 3-44b2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-42b の入力ポート P4 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-43b の光路を設定する。また、分波器 3-42a の出力ポート P2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-44b1 に送出され、出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-44a1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-43a の光路を設定する。

このリング型論理的ネットワークポロジにあっては、図 3-3B に示すように、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-20 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-30 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信

ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 として図 3-5A に示すような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図 3-5B に示すようなスター型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、図 3-6 に示すように、通信ノード装置 3-10 の波長可変光源 3-14b2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-14b2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-12b の入力ポート P2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-13b の光路を設定する。また、分波器 3-12a の出力ポート P4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-14b1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-13a の光路を設定する。

また、通信ノード装置 3-20 の波長可変光源 3-24a2 の波長を  $\lambda_4$  に設定し、波長可変光源 3-24b2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-24c2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-24a2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-22b の入力ポート P4 に送出され、波長可変光源 3-24b2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-22b の入力ポート P3 に送出され、波長可変光源 3-24c2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-22b の入力ポート P2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-23b の光路を設定する。また、分波器 3-22a の出力ポート P2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-24a1 に送出され、出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-24b1 に送出され、出力ポート P4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-24c1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-23a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30 の波長可変光源 3-34a2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、波長可変光源 3-34a2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-32b の入力ポート P4 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-33b の光路を設定する。また、分波器 3-32a の出力ポート P2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-34a1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-33a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40 の波長可変光源 3-44a2 の波長を  $\lambda_3$  に設定すると共に、波長可変光源 3-44a2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-42b の入力ポート P3 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-43b の光路を設定する。また、分波器 3-42a の出力ポート P3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-44a1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-43a の光路を設定する。

このスター型論理的ネットワークポロジにあっては、図 3-5B に示すように、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-20 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 として図 3-7A に示すような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図 3-7B に示すようなメッシュ型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、図 3-8 に示すよ

うに、通信ノード装置 3-10 の波長可変光源 3-14 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-14 b 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-14 a 2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-12 b の入力ポート P 3 に送出され、波長可変光源 3-14 b 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-12 b の入力ポート P 2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-13 b の光路を設定する。また、分波器 12 a の出力ポート P 3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-14 a 1 に送出され、出力ポート P 4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-14 b 1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-13 a の光路を設定する。

また、通信ノード装置 3-20 の波長可変光源 3-24 a 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定し、波長可変光源 3-24 b 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-24 c 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、波長可変光源 3-24 a 2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-22 b の入力ポート P 4 に送出され、波長可変光源 3-24 b 2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-22 b の入力ポート P 3 に送出され、波長可変光源 3-24 c 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-22 b の入力ポート P 2 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-23 b の光路を設定する。また、分波器 3-22 a の出力ポート P 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-24 a 1 に送出され、出力ポート P 3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-24 b 1 に送出され、出力ポート P 4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-24 c 1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-23 a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30 の波長可変光源 3-34 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-34 b 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定し、波長可変光源 3-34 c 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、波長可変光源 3-34 a 2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-32 b の入力ポート P 3 に送出され、波長可変光源 3-34 b 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が合波器 3-32 b の入力ポート P 2 に送出され、波長可変光源 3-34 c 2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-32 b の入力ポート P 4 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-33 b の光路を設定する。また、分波器 3-32 a の出力ポート P 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-34 c 1 に送出され、出力ポート P 3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-34 a 1 に送出され、出力ポート P 4 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が光検出器 3-34 b 1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-33 a の光路を設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40 の波長可変光源 3-44 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-44 b 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、波長可変光源 3-44 a 2 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が合波器 3-42 b の入力ポート P 3 に送出され、波長可変光源 3-44 b 2 からの波長  $\lambda_4$  の主信号が合波器 3-42 b の入力ポート P 4 に送出されるように第 2 光スイッチ 3-43 b の光路を設定する。また、分波器 3-42 a の出力ポート P 2 からの波長  $\lambda_2$  の主信号が光検出器 3-44 b 1 に送出され、出力ポート P 3 からの波長  $\lambda_3$  の主信号が光検出器 3-44 a 1 に入力されるように第 1 光スイッチ 3-43 a の光路を設定する。

このメッシュ型論理的ネットワークトポロジにあっては、図 3-7 B に示すように、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-20 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通

信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-30 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信する。

このように、図 3-1 に示したシステムによれば、中央制御装置 3-62 からの制御信号に基づいて各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 の各波長可変光源の波長及び各光スイッチの光路を設定して各主信号送受信部 3-14, 24, 34, 44 で取り扱う送受信波長を掃引することによって、スター型物理的ネットワークポロジを有するネットワークの論理的ネットワークポロジをフルメッシュ型やリング型やスター型やメッシュ型やこれらが混在したもの等に任意且つ容易に変更することができる。しかも、中央制御装置 3-62 からの制御信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 のノード制御部 3-15, 25, 35, 45 に送出することによって前記の波長掃引を瞬時に行って、論理的ネットワークポロジの変更を動的に行うことができる。

また、中央制御装置 3-62 と各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 との間の制御信号の送受に主信号と同じ光伝送路 3-71 ~ 78 を利用できるので、制御信号の送受のために低速専用線を設ける場合のような構築及び運用コストの問題やネットワーク遅延の問題を解消して、各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 の通信制御及び状態監視を的確に行うことができる。

尚、主信号の光強度が低いために主信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 で受信できないような場合には、図 3-9 に示すように、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 の各出力ポート 51e ~ 51h に対応して EDFA 等の光増幅器 3-53a ~ 53d を設けるか、同様の光増幅器を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 に設けるようにするとよい。

また、通信ノード装置の数は 4 である必然性はなく、基本的には 2 以上の整数からなる通信ノード装置を用いこの数に対応した入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を用いれば前記同様の効果を得ることができる。

さらに、本実施形態では波長周回性を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) で示しているが、波長周回性を有する他の光合分波器を用いても構わないし、図 3-10 に例示するような波長配置を持つ波長周回性を有しない光合分波器を用いても前記同様の作用効果を得ることができる。 [第 16 実施形態]

図 3-11 は本発明に係る光通信ネットワークシステムの第 16 実施形態を示すもので、アレイ導波路回折格子 (AWG)、および集約器の構成をネットワーク構成と共に図示しており、通信ノード装置内部に光カップラを導入した事例を示している。

図中の 3-10, 20, 30, 40 は通信ノード装置、3-51 はアレイ導波路回折格子 (AWG)、3-62 は中央制御装置、3-71 ~ 78 と 3-81 ~ 88 は光ファイバ等の光伝送路である。

図3-11に示したシステムは4個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40がアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に光接続されたスター型物理的ネットワークポロジを有する。

このシステムが、図3-1に示した第15の実施形態での光通信ネットワークシステムと異なるところは、

- (1)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40から分波器 3-12a, 22a, 32a, 42aと合波器 3-12b, 22b, 32b, 42bと第1光スイッチ 3-13a, 23a, 33a, 43aと第2光スイッチ 3-13b, 23b, 33b, 43bを除外し、これらの代わりに、第1WDMカップラ 3-11aからの主信号を4つに分配して4個の光検出器それぞれに送出する第1カップラ 3-16a, 26a, 36a, 46aと、4個の波長可変光源からの主信号を結合して第2WDMカップラ 3-11bに送出する第2カップラ 3-16b, 26b, 36b, 46bを各通信ノード 3-10, 20, 30, 40に設けた点
- (2)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40の4個の光検出器それぞれの入力側に、特定波長の主信号を選択的に入力するための波長可変フィルタ 3-14a4, 14b4, 14c4, 14d4, 24a4, 24b4, 24c4, 24d4, 34a4, 34b4, 34c4, 34d4, 44a4, 44b4, 44c4, 44d4を設けた点
- (3)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40のノード制御部 3-15, 25, 35, 45は、中央制御装置 3-62からの制御信号に基づいて各波長可変光源の出力波長と各波長可変フィルタの入力波長を制御する点にある。他の構成は図3-1に示したシステムと同じであるため同一符号を用いその説明を省略する。

以下に、スター型物理的ネットワークポロジを有する図3-11に示したシステムによって構成可能な各種の論理的ネットワークポロジについて説明する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51として図3-2Aに示したような波長周回性を有するものを用いて、フルメッシュ型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40の各波長可変光源の波長及び各波長可変フィルタの入力波長を $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ に設定し、各波長の主信号を第2カップラ 3-16b, 26b, 36b, 46bに送出すると共に、第2カップラ 3-16a, 26a, 36a, 46aで分配された4つの主信号を各波長可変フィルタを通じて各光検出器に送出する。

このフルメッシュ型論理的ネットワークポロジにあつては、図3-2Bに示したように、通信ノード装置 3-10と通信ノード装置 3-20は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-10と通信ノード装置 3-30は波長 $\lambda_3$ と波長 $\lambda_3$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-10と通信ノード装置 3-40は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20と通信ノード装置 3-30は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20と通信ノード装置 3-40は波長 $\lambda_3$ と波長 $\lambda_3$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-30と通信ノード装置 3-40は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信する。



アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51として図3-3Aに示したような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図3-3Bに示したようなリング型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、図3-12に示すように、通信ノード装置 3-10の波長可変光源 3-14a2の波長を $\lambda_3$ に設定し、波長可変光源 3-14b2の波長を $\lambda_2$ に設定すると共に、光検出器 3-14a1に波長 $\lambda_3$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-14a4の入力波長を $\lambda_3$ に設定し、光検出器 3-14b1に波長 $\lambda_4$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-14b4の入力波長を $\lambda_4$ に設定する。

また、通信ノード装置 3-20の波長可変光源 3-24a2の波長を $\lambda_4$ に設定し、波長可変光源 3-24b2の波長を $\lambda_3$ に設定すると共に、光検出器 3-24a1に波長 $\lambda_2$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24a4の入力波長を $\lambda_2$ に設定し、光検出器 3-24b1に波長 $\lambda_3$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24b4の入力波長を $\lambda_3$ に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30の波長可変光源 3-34a2の波長を $\lambda_3$ に設定し、波長可変光源 3-34b2の波長を $\lambda_2$ に設定すると共に、光検出器 3-34a1に波長 $\lambda_3$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34a4の入力波長を $\lambda_3$ に設定し、光検出器 3-34b1に波長 $\lambda_4$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34b4の入力波長を $\lambda_4$ に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40の波長可変光源 3-44a2の波長を $\lambda_3$ に設定し、波長可変光源 3-44b2の波長を $\lambda_4$ に設定すると共に、光検出器 3-44a1に波長 $\lambda_3$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-44a4の入力波長を $\lambda_3$ に設定し、光検出器 3-44b1に波長 $\lambda_2$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-44b4の入力波長を $\lambda_2$ に設定する。

このリング型論理的ネットワークポロジにあっては、図3-3Bに示したように、通信ノード装置 3-10と通信ノード装置 3-20は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20と通信ノード装置 3-40は波長 $\lambda_3$ と波長 $\lambda_3$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-30と通信ノード装置 3-40は波長 $\lambda_2$ と波長 $\lambda_4$ の主信号で通信し、通信ノード装置 3-10と通信ノード装置 3-30は波長 $\lambda_3$ と波長 $\lambda_3$ の主信号で通信する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51として図3-5Aに示したような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図3-5Bに示したようなスター型論理的ネットワークポロジを構成する場合には、図3-13に示すように、通信ノード装置 3-10の波長可変光源 3-14b2の波長を $\lambda_2$ に設定すると共に、光検出器 3-14b1に波長 $\lambda_4$ の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-14b4の入力波長を $\lambda_4$ に設定する。

また、通信ノード装置 3-20の波長可変光源 3-24a2の波長を $\lambda_4$ に設定し、波長可変光源 3-24b2の波長を $\lambda_3$ に設定し、波長可変光源 3-24c2の波長を $\lambda_2$ に設定す

ると共に、光検出器 3-24 a 1 に波長  $\lambda_2$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 a 4 の入力波長を  $\lambda_2$  に設定し、光検出器 3-24 b 1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 b 4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定し、光検出器 3-24 c 1 に波長  $\lambda_4$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 c 4 の入力波長を  $\lambda_4$  に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30 の波長可変光源 3-34 a 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、光検出器 3-34 a 1 に波長  $\lambda_2$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34 a 4 の入力波長を  $\lambda_2$  に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40 の波長可変光源 3-44 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定すると共に、光検出器 3-44 a 1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-44 a 4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定する。

このスター型論理的ネットワークトポロジにあっては、図 3-5 B に示したように、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-20 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信する。

アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 として図 3-7 A に示したような波長周回性を有するものを用い、且つ、同図中に網掛けで示した波長の主信号を使用して、図 3-7 B に示したようなメッシュ型論理的ネットワークトポロジを構成する場合には、図 3-14 に示すように、通信ノード装置 3-10 の波長可変光源 3-14 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-14 b 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、光検出器 3-14 a 1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-14 a 4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定し、光検出器 3-14 b 1 に波長  $\lambda_4$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-14 b 4 の入力波長を  $\lambda_4$  に設定する。

また、通信ノード装置 3-20 の波長可変光源 3-24 a 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定し、波長可変光源 3-24 b 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-24 c 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定すると共に、光検出器 3-24 a 1 に波長  $\lambda_2$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 a 4 の入力波長を  $\lambda_2$  に設定し、光検出器 3-24 b 1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 b 4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定し、光検出器 3-24 c 1 に波長  $\lambda_4$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-24 c 4 の入力波長を  $\lambda_4$  に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-30 の波長可変光源 3-34 a 2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-34 b 2 の波長を  $\lambda_2$  に設定し、波長可変光源 3-34 c 2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、光検出器 3-34 a 1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34 a 4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定し、光検出器 3-34 b 1 に波長  $\lambda_4$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34 b 4 の入力波長を  $\lambda_4$  に設定し、光検出器 3-34 c 1 に波長  $\lambda_2$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-34 c 4 の入力波長を  $\lambda_2$

に設定する。

さらに、通信ノード装置 3-40 の波長可変光源 3-44a2 の波長を  $\lambda_3$  に設定し、波長可変光源 3-44b2 の波長を  $\lambda_4$  に設定すると共に、光検出器 3-44a1 に波長  $\lambda_3$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-44a4 の入力波長を  $\lambda_3$  に設定し、光検出器 3-44b1 に波長  $\lambda_2$  の主信号が入力されるように波長可変フィルタ 3-44b4 の入力波長を  $\lambda_2$  に設定する。

このメッシュ型論理的ネットワークポロジにあつては、図 3-7B に示したように、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-20 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-10 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-30 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-20 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_3$  の主信号で通信し、通信ノード装置 3-30 と通信ノード装置 3-40 は波長  $\lambda_2$  と波長  $\lambda_4$  の主信号で通信する。

このように、図 3-11 に示したシステムによれば、中央制御装置 3-62 からの制御信号に基づいて各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 の各波長可変光源の波長及び各波長可変フィルタの入力波長を設定して各主信号送受信部 3-14, 24, 34, 44 で取り扱う送受信波長を掃引することによって、スター型物理的ネットワークポロジを有するネットワークの論理的ネットワークポロジをフルメッシュ型やリング型やスター型やメッシュ型やこれらが混在したもの等に任意且つ容易に変更することができる。しかも、中央制御装置 3-62 からの制御信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 のノード制御部 3-15, 25, 35, 45 に送出することによって前記の波長掃引を瞬時に行つて、論理的ネットワークポロジの変更を動的に行うことができる。

また、中央制御装置 3-62 と各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 との間の制御信号の送受に主信号と同じ光伝送路 3-71 ~ 78 を利用できるので、制御信号の送受のために低速専用線を設ける場合のような構築及び運用コストの問題やネットワーク遅延の問題を解消して、各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 の通信制御及び状態監視を的確に行うことができる。

尚、主信号の光強度が低いために主信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 で受信できないような場合には、図 3-9 に示したものと同様に、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 の各出力ポート 3-51e ~ 51h に対応して EDFA 等の光増幅器 3-53a ~ 53d を設けるか、同様の光増幅器を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 に設けるようにするとよい。

また、通信ノード装置の数は 4 である必然性はなく、基本的には 2 以上の整数からなる通信ノード装置を用いこの数に対応した入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を用いれば前記同様の効果を得ることができる。

さらに、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 として波長周回性を有する AWG 型合成分波器を示したが、波長周回性を有する他の光合成分波器を用いても構わないし、図 3-10

に例示したような波長配置を持つ波長周回性を有しない合分波器を用いても前記同様の作用効果を得ることができる。

#### [第 17 実施形態]

図 3-15 は本発明に係る光通信ネットワークシステムの第 17 実施形態を示すもので、図中の 3-10, 20, 30, 40 は通信ノード装置、3-51 はアレイ導波路回折格子 (AWG)、3-62 は中央制御装置、3-81~88 と 3-91~94 と 101~104 は光ファイバ等の光伝送路である。

図 3-15 に示したシステムは 4 個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 がアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 に光接続された物理的スターネットワークトポロジを有する。

このシステムが図 3-1 に示したシステムと異なるところは、

- (1) 各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 の第 1 WDM カップラ 3-11a, 21a, 31a, 41a 及び第 2 WDM カップラ 3-11b, 21b, 31b, 41b の外側に、入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-17, 27, 37, 47 をそれぞれ設けた点
- (2) アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 に接続された各 WDM カップラ 3-52a~52d の入力側に入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-54a, 54b, 54c, 54d をそれぞれ設けた点
- (3) サーキュレータ 3-17 とサーキュレータ 3-54a を一心の光伝送路 3-91 で接続し、サーキュレータ 3-27 とサーキュレータ 3-54b を一心の光伝送路 3-92 で接続し、サーキュレータ 3-37 とサーキュレータ 3-54c を一心の光伝送路 3-93 で接続し、サーキュレータ 3-47 とサーキュレータ 3-54d を一心の光伝送路 3-94 で接続した点
- (4) アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51 に接続された各 WDM カップラ 3-52e~52h の出力側とサーキュレータ 3-54a~54d を一心の光伝送路 3-101~104 でそれぞれ接続した点にある。他の構成は図 3-1 に示したシステムと同じであるため同一符号を用いその説明を省略する。

このシステムでも、図 3-1 に示したシステムと同様の手法にてスター型物理的ネットワークトポロジを有するネットワークの論理的ネットワークトポロジをフルメッシュ型やリング型やスター型やメッシュ型やこれらが混在したもの等に任意且つ容易に変更することができ、第 2 実施形態の欄で述べたのと同様の作用効果を得ることができる。

また、4 個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 を上り下り兼用の一心の光伝送路 3-101~104 を介して波長ルータ 3-50 に接続できるので、上り用と下り用の 2 つの光伝送路を使用する場合に比べ、光伝送路を数を半減することができ、これにより光伝送路の設備、運用及び管理等に係るコストを低減することができる。

尚、主信号の光強度が低いために主信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40 で受信できないような場合には、図 3-9 に示したものと同様に、アレイ導波路回折格子

(AWG) 3-51の各出力ポート51e~51hに対応してEDFA等の光増幅器 3-53a~53dを設けるか、同様の光増幅器を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40に設けるようにするとよい。

また、通信ノード装置の数は4である必然性はなく、基本的には2以上の整数からなる通信ノード装置を用いこの数に対応した入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を用いれば前記同様の効果を得ることができる。

さらに、アレイ導波路回折格子 (AWG) 51として波長周回性を有するAWG型合分波器を示したが、波長周回性を有する他の光合分波器を用いても構わないし、図3-10に例示したような波長配置を持つ波長周回性を有しない光合分波器用いても前記同様の作用効果を得ることができる。

#### [第18実施形態]

図3-16は本発明に係る光通信ネットワークシステムの第18実施形態を示すもので、アレイ導波路回折格子 (AWG)、および集約器の構成をネットワーク構成と共に図示している。図中の 3-10, 20, 30, 40は通信ノード装置、3-51はアレイ導波路回折格子 (AWG)、3-62は中央制御装置、3-81~88と3-91~94と3-101~104は光ファイバ等の光伝送路である。

図3-16に示したシステムは4個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40が波長ルータ 3-50に光接続されたスター型物理的ネットワークトポロジを有する。

このシステムが図3-11に示したシステムと異なるところは、

- (1)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40の第1WDMカップラ 3-11a, 21a, 31a, 41a及び第2WDMカップラ 3-11b, 21b, 31b, 41bの外側に、入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-17, 27, 37, 47をそれぞれ設けた点
- (2)アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続された各WDMカップラ 3-52a~52dの入力側に入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-54a, 54b, 54c, 54dをそれぞれ設けた点
- (3)サーキュレータ 3-17とサーキュレータ 3-54aを一心の光伝送路 3-91で接続し、サーキュレータ 3-27とサーキュレータ 3-54bを一心の光伝送路 3-92で接続し、サーキュレータ 3-37とサーキュレータ 3-54cを一心の光伝送路 3-93で接続し、サーキュレータ 3-47とサーキュレータ 3-54dを一心の光伝送路 3-94で接続した点
- (4)アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続された各WDMカップラ 3-52e~52hの出力側とサーキュレータ 3-54a~54dを一心の光伝送路 3-101~104でそれぞれ接続した点にある。他の構成は図3-11に示したシステムと同じであるため同一符号を用いその説明を省略する。

このシステムでも、図3-11に示したシステムと同様の手法にてスター型物理的ネットワークトポロジを有するネットワークの論理的ネットワークトポロジをフルメッシュ型

やリング型やスター型やメッシュ型やこれらが混在したもの等に任意且つ容易に変更することができ、第3実施形態の欄で述べたのと同様の作用効果を得ることができる。

また、4個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40を上り下り兼用の一心の光伝送路 101~104を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続できるので、上り用と下り用の2つの光伝送路を使用する場合に比べ、光伝送路を数を半減することができ、これにより光伝送路の設備、運用及び管理等に係るコストを低減することができる。

尚、主信号の光強度が低いために主信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40で受信できないような場合には、図3-9に示したものと同様に、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51の各出力ポート 3-51e~51hに対応してEDFA等の光増幅器 3-53a~53dを設けるか、同様の光増幅器を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40に設けるようにするとよい。

また、通信ノード装置の数は4である必然性はなく、基本的には2以上の整数からなる通信ノード装置を用いこの数に対応した入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を用いれば前記同様の効果を得ることができる。

さらに、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51として波長周回性を有するAWG型合分波器を示したが、波長周回性を有する他の光合分波器を用いても構わないし、図3-10に例示したような波長配置を持つ波長周回性を有しない光合分波器を用いても前記同様の作用効果を得ることができる。

#### [第19実施形態]

図3-17は本発明に係る光通信ネットワークシステムの第19実施形態を示すもので、アレイ導波路回折格子 (AWG)、および集約器の構成をネットワーク構成と共に図示している。図中の 3-10, 20, 30, 40は通信ノード装置、3-51はアレイ導波路回折格子、3-62は中央制御装置、60はネットワーク管理装置、3-81~88と3-91~94と3-101~104は光ファイバ等の光伝送路である。

図3-17に示したシステムは4個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40がアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に光接続されたスター型物理的ネットワークトポロジを有する。

このシステムが図3-1に示したシステムと異なるところは、

- (1)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40に設けられている2個のWDMカップラ 3-11a, 11b, 3-21a, 21b, 3-31a, 31b, 3-41a, 41bを1個のみ (符号 3-11, 3-21, 3-31, 3-41) とした点
- (2)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40から分波器 3-12a, 22a, 32a, 42aと合波器 3-12b, 22b, 32b, 42bと第1光スイッチ 3-13a, 23a, 33a, 43aと第2光スイッチ 3-13b, 23b, 33b, 43bを除外し、これらの代わりに、1×4の合分波器 3-12, 22, 32, 42と4×4の光スイッチ 3-13, 23, 33, 43を各WDMカップラ 3-11, 21, 31, 41の内側に順に接続した点

- (3)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40の各光スイッチ 3-13, 23, 33, 43の主信号送受信部側に、入力信号と出力信号の方路を変更する4個のサーキュレータ 3-18a~18d, 3-28a~28d, 3-38a~38d, 3-48a~48dをそれぞれ設け、4個の波長可変光源と4個の光受信器にそれぞれ接続した点
- (4)各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40の各ノード制御部 3-15, 25, 35, 45との間に、入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-19, 29, 39, 49をそれぞれ設けた点
- (5)アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続された各WDMカプラ 3-52a~52dの入力側に入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータ 3-54a, 54b, 54c, 54dをそれぞれ設けた点
- (6)サーキュレータ 3-17とサーキュレータ 3-54aを一心の光伝送路 3-91で接続し、サーキュレータ 3-27とサーキュレータ 3-54bを一心の光伝送路 3-92で接続し、サーキュレータ 3-37とサーキュレータ 3-54cを一心の光伝送路 3-93で接続し、サーキュレータ 3-47とサーキュレータ 3-54dを一心の光伝送路 3-94で接続した点
- (7)アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続された各WDMカプラ 3-52e~52hの出力側とサーキュレータ 3-54a~54dを一心の光伝送路 3-101~104でそれぞれ接続した点にある。他の構成は図3-1に示したシステムと同じであるため同一符号を用いその説明を省略する。

このシステムでも、図3-1に示したシステムと同様の手法にてスター型物理的ネットワークトポロジを有するネットワークの論理的ネットワークトポロジをフルメッシュ型やリング型やスター型やメッシュ型やこれらが混在したもの等に任意且つ容易に変更することができ、第1実施形態の欄で述べたのと同様の作用効果を得ることができる。

また、4個の通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40を上り下り兼用の一心の光伝送路 3-101~104を介してアレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51に接続できるので、上り用と下り用の2つの光伝送路を使用する場合に比べ、光伝送路を数を半減することができる。これにより光伝送路の設備、運用及び管理等に係るコストを低減することができる。

尚、主信号の光強度が低いために主信号を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40で受信できないような場合には、図3-9に示したものと同様に、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51の各出力ポート 3-51e~51hに対応してEDFA等の光増幅器 3-53a~53dを設けるか、同様の光増幅器を各通信ノード装置 3-10, 20, 30, 40に設けるようにするとよい。

また、通信ノード装置の数は4である必然性はなく、基本的には2以上の整数からなる通信ノード装置を用いこの数に対応した入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を用いれば前記同様の効果を得ることができる。

さらに、アレイ導波路回折格子 (AWG) 3-51として波長周回性を有するAWG型合分波器を示したが、波長周回性を有する他の光合分波器を用いても構わないし、図3-10

に例示したような波長配置を持つ波長周回性を有しない光合分波器を用いても前記同様の作用効果を得ることができる。

#### [第20実施形態]

図2-2はM個(Mは2以上N以下の整数)の通信ノード装置(2-301~304)の内部構成を示した図であり、 $N \times N$ (Nは2以上の整数)アレイ導波路回折格子(AWG)から届いた主信号を通信端末装置で終端することなく通信ノード装置にて波長変換した後に折り返し、再度アレイ導波路回折格子(AWG)に主信号を届け、他の通信ノード装置に主信号を再送信する機能を実現した実施形態である。

通信端末装置側光入出力ポート(2-601~604)からの光信号は光電気変換器(2-3004~3006)によって電気信号に変換され $2L \times 2L$ (Lは2以上、M以下の整数)電気スイッチ(2-2702)に届いた後、波長可変光源(2-2501~2503)においてWDM信号波長に変換され、光カップラ(2-2801)によって合波され、WDM接続側光入出力ポート(2-401~404)へと到達し、外部に出力される。

その逆に、WDM接続側光入出力ポートに外部から届いたWDM信号光は、DEMUX フィルタ(2-2901)に届き、異なる波長毎に分離された後に、それぞれの波長が光受信器(2-2601~2603)へと届き、光信号から電気信号へと変換され、 $2L \times 2L$ 電気スイッチ(2-2702)へと到達する。

外部から到達するWDM信号のうち、特定の波長を持つ光信号を通信端末装置(2-1001~1004)に到達させることなく、波長可変光源(2-2501~2503)に向かわせ、通信端末装置(2-1001~1004)をスキップさせる場合は、 $2L \times 2L$ 電気スイッチ(2-2702)にてスイッチされ信号経路が特定の波長可変光源(2-2501~2503)へと向かう。

また、外部からの信号を通信端末装置(2-1001~1004)に到達させる場合は、 $2L \times 2L$ 電気スイッチ(2-2702)を通過した信号を電気光変換器(2-3001~3003)に経路を向かわせ、信号を光信号にした後に通信端末装置側光入出力ポート(2-601~604)を通過し、通信端末装置(2-1001~1004)へと届くことになる。

通信ノード装置(2-301~304)では、制御部(2-3107)が波長可変光源制御部(2-3101)、監視部(2-3102)、スイッチ制御部(2-3103)、制御信号送信処理部(2-3104)、管理部(2-3105)、表示制御部(2-3106)と接続し、マイクロコンピュータを始めとするハードウェア及びソフトウェアの組合せによって一括コントロールしている。

波長可変光源制御部(2-3101)は波長可変光源(2-2501~2503)と接続し、変換波長の制御を行う。監視部(2-3102)は波長可変光源(2-2501~2503)と接続し光出力強度を監視すると共に、光受信器(2-2601~2603)と接続し、光入力強度を監視している。

スイッチ制御部(2-3103)では $2L \times 2L$ 電気スイッチ(2-2701, 2702)と接続し、スイッチ制御を行う。制御信号送信処理部(2-3104)では制御信号入出力ポート(2-501~504)と接続し、制御信号形成を行っている。管理部(2-3105)では、接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)の入出力インタフェースとして働く。表示制御部



(2-3106)は通信ノード装置管理者端末(2-3201)とのインタフェースとして働き、通信ノード装置管理者(2-3202)への情報提供のための表示信号生成と制御を行う。

#### [第 21 実施形態]

図 2-3 は中央制御装置(2-2001)の内部構成を示した図である。

制御部(2-3306)は制御信号送受信処理部(2-3301)、監視部(2-3302)、管理部(2-3303)、表示制御部(2-3304)、料金計算部(2-3305)と接続し、マイクロコンピュータを始めとするハードウェア及びソフトウェアの組合せによってそれぞれを制御している。

制御信号送受信処理部(2-3301)は、制御信号入出力ポート(2-2201)と接続し、制御信号入出力ポート(2-2201)とのインタフェース機能として働き、制御信号入出力ポート(2-2201)で受信された制御信号を制御部(2-3306)に渡し、その逆に、制御部(2-3306)で形成された制御情報を信号形成して制御信号入出力ポート(2-2201)に渡す機能を持つ。

監視部(2-3302)では、全ての通信ノード装置(2-301~304)から届く情報の中で監視情報に含まれる部分を常時監視し、通信ノード装置(2-301~304)の状態監視を行う。通信ノード装置(2-301~304)が正常状態の際には、制御部(2-3306)を通じて管理部(2-3303)に正常状態情報を渡し、管理部(2-3303)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に記録する。全ての通信ノード装置(2-301~304)から届く情報の中で監視情報に含まれる部分を常時監視し、異常状態が発見された際には、制御部(2-3306)を通じて管理部(2-3303)に異常状態情報を渡し、管理部(2-3303)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に記録すると同時に、制御信号送受信処理部(2-3301)→制御信号入出力ポート(2-2201)を通じて、全ての通信ノード装置(2-301~304)に異常発生情報を同報通知する。

表示制御部(2-3304)は、トポロジ管理者端末(2-3401)のインタフェースとして機能し、トポロジ管理者(2-3402)が得る情報を形成すると同時に、トポロジ管理者(2-3402)が行う操作の全てを制御部(2-3306)に渡す機能も有する。料金計算部(2-3305)では、現在のトポロジ構成と、トポロジ利用者情報が記録されている管理部(2-2301)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)内の情報を制御部(2-3306)を通じて読み出し、料金計算を行った後に、再度制御部を通じて最新の料金を管理部(2-3303)に渡し、管理部(2-2301)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に記録する。

#### [第 22 実施形態]

図 2-4 は通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704) 及び外部データベース(2-801~804)にそれぞれに蓄積された情報(2-3501)、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301) 及び外部データベース(2-2401)に蓄積された「管理通信ノード装置番号」、「グリッド間隔」、「使用可能波長」情報を示している。

通信ノード装置(2-301~304)のそれぞれは中央制御装置から、あるいは通信ノード装置それ自体で自由に変更可能であり他の通信ノード装置との重複が無い固有の管理通信ノード装置番号を持ち、グリッド間隔、使用可能波長情報を持つ。これら情報は通信ノード装置

の起動時に、制御信号入出力ポート(2-501~504)から制御信号が中央制御装置(2-2001)に送信され、中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で一体になり、図2-5に示したデータ形式(2-3502)で蓄積される。

#### [第23実施形態]

図2-6、図2-7、図2-8は論理的ネットワークトポロジ利用が異なる2つのユーザがある場合での中央制御装置(2-2001)での管理情報についての説明図である。

図2-6では、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3601)を示している。

現在使用中の「トポロジ種別」、中央制御装置が全ての通信ノード装置(2-301~304)にアクセスする際に必要となる通信ノード装置中央制御固有番号に相当する「管理通信ノード装置番号」、通信ノード装置の利用者が利用中の論理的ネットワークトポロジを構成している通信ノード装置(2-301~304)にアクセスする際に必要となる通信ノード装置ユーザ制御固有番号に相当する「ユーザ通信ノード装置番号」、論理的ネットワークトポロジ利用者固有番号である「ユーザID」、通信ノード装置で使用されている「使用波長」、特定の通信ノード装置(2-301~304)が対向接続している通信ノード装置(2-301~304)の波長可変光源中央制御固有番号である「対向通信ノード装置番号」、通信ノード装置内の波長可変光源光出力強度である「WDM送信状態」、通信ノード装置内の光受信器受光強度である「WDM受信状態」、通信ノード装置(2-301~304)と他の通信ノード装置間の接続状態である「通信ノード装置接続状態」、通信ノード装置(2-301~304)がその他の通信ノード装置(2-301~304)と対向接続している接続数である「ノードリンク数」、特定の通信ノード装置(2-301~304)間において帯域増速が行われているかを示す「リンク帯域増速」、前記帯域増速を行うに当たっての期間となる「増速期間」情報が一体となっている。

また、前記中央制御トポロジ管理情報(2-3601)は表示制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示することが可能であり。トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-3603)、ユーザID「2」情報ウィンドウ(2-3604)から構成されている。ここでは、ユーザ1はメッシュトポロジを利用し、ユーザ2はリングトポロジとスタートトポロジの混在トポロジとしているが、ユーザ数、トポロジ種別はこれに限ることはない。

図2-8は中央制御装置(2-2001)内の料金計算部(2-3305)で演算された課金情報である。固有の「ユーザID」、ユーザID毎の「利用年月」、ユーザID毎の「通信ノード装置増減数」、ユーザID毎の「帯域増速数」、ユーザID毎の「波長リンク総数」、ユーザID毎の「割引」そして、ユーザID毎の「課金」の情報が一体となったデータ(2-3605)形式で、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた課金基本情報として蓄積され、管理部(2-3303)によってデータ管理され、月毎にユーザID毎の通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を

示すとともに、ユーザへの課金案内を実施する。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### 〔第 24 実施形態〕

図 2-9 はユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-3606)を示している。

中央制御トポロジ管理情報(2-3601)からユーザ ID が「1」に関する情報を切り出し、制御信号を使って通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に保持されているユーザトポロジ管理情報(2-3606)に送信し、ユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3606)を更新・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-3606)を管理させる。

ユーザトポロジ管理情報(2-3606)では、現在使用中の「トポロジ種別」、利用者のトポロジを構成している通信ノード装置(2-301~304)に利用者自らアクセスする際の通信ノード装置ユーザ制御固有番号となる「ユーザ通信ノード装置番号」、通信ノード装置(2-301~304)で使用されている「使用波長」、通信ノード装置(2-301~304)からの特定の波長で対向接続している通信ノード装置(2-301~304)を識別する「対向通信ノード装置番号」、通信ノード装置(2-301~304)内の波長可変光源光出力強度である「WDM送信状態」、通信ノード装置(2-301~304)内の光受信器受光強度である「WDM受信状態」、通信ノード装置(2-301~304)と通信ノード装置間の接続状態である「通信ノード装置接続状態」、通信ノード装置(2-301~304)がその他の通信ノード装置(2-301~304)と対向接続している接続数である「ノードリンク数」、特定の通信ノード装置(2-301~304)間において帯域増速が行われているかを示す「リンク帯域増速」、前記帯域増速を行うに当たっての期間となる「増速期間」情報が一体となっている。

図 2-10 はユーザウィンドウ(2-3607)を示す図で、ユーザウィンドウ(2-3607)は、前記ユーザトポロジ管理情報(2-3601)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザ ID が「1」の利用者に対してグラフィカル表示する。また、ユーザウィンドウ(2-3607)には、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成が示される。

図 2-11 は前記ユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用情報(2-3608)を示す図である。利用情報(2-3608)には、ユーザ ID、使用年月、通信ノード装置増減数、帯域増速数、波長リンク総数、料金の割引、月毎の料金が一体となり蓄積されており、常に使用状況と課金情報を確認可能となる。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

## 〔第 25 実施形態〕

図 2-12 はユーザ ID が「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-3609)を示している。

中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に保持されている中央制御トポロジ管理情報(2-3601)からユーザ ID が「2」に関する情報を切り出し、制御信号を使って前記通信ノード装置(2-301~304)に送信し、ユーザ ID が「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3609)を更新・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-3609)を管理させる。

ユーザトポロジ管理情報(2-3609)では、現在使用中の「トポロジ種別」、利用者のトポロジを構成している通信ノード装置(2-301~304)に利用者自らアクセスする際の通信ノード装置ユーザ制御固有番号となる「ユーザ通信ノード装置番号」、通信ノード装置(2-301~304)で使用されている「使用波長」、通信ノード装置(2-301~304)が特定の波長で対向接続している通信ノード装置(2-301~304)の波長可変光源ユーザ制御固有番号である「対向通信ノード装置番号」、通信ノード装置(2-301~304)内の波長可変光源光出力強度である「WDM送信状態」、通信ノード装置(2-301~304)内の光受信器受光強度である「WDM受信状態」、通信ノード装置(2-301~304)と通信ノード装置間の接続状態である「通信ノード装置接続状態」、通信ノード装置(2-301~304)がその他の通信ノード装置(2-301~304)と対向接続している接続数である「ノードリンク数」、特定の通信ノード装置(2-301~304)間において帯域増速が行われているかを示す「リンク帯域増速」、前記帯域増速の実施期間を表す「増速期間」情報が一体となっている。

図 2-13 はユーザウィンドウ(2-3610)を示す図で、ユーザウィンドウ(2-3610)は、前記ユーザトポロジ管理情報(2-3609)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザ ID が「2」の利用者に対してグラフィカル表示する。また、ユーザウィンドウ(2-3610)には、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成が示される。

図 2-14 は前記ユーザ ID が「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用情報(2-3611)である。利用情報(2-3611)には、ユーザ ID、使用年月、通信ノード装置増減数、帯域増速数、波長リンク総数、料金の割引、月毎の料金が一体となり蓄積されており、常に使用状況と課金情報を確認可能となる。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

## 〔第 26 実施形態〕

図 2-15 はユーザ ID 「1」の利用者が新たに通信ノード装置を増設した場合での中

中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3701)を示している。ここでは、新たに増設した通信ノード装置に対する管理通信ノード装置番号を「11」、ユーザ通信ノード装置番号を「5」としている。新規通信ノード装置(管理通信ノード装置番号を「11」、ユーザ通信ノード装置番号を「5」)は、既設通信ノード装置(管理通信ノード装置番号を「2」、ユーザ通信ノード装置番号を「2」)と接続すると同時に、別の既設の通信ノード装置(管理通信ノード装置番号を「4」、ユーザ通信ノード装置番号を「4」)と接続している。このとき、前記2つの既設通信ノード装置の接続数はそれぞれ2つ増えることになるため、中央制御トポロジ管理情報(2-3701)でのノードリンク数は2増加して4となる。中央制御トポロジ管理情報(2-3701)でのユーザID「2」に関する情報については、トポロジの変化が無い場合、情報の変化は現れない。

また、前記中央制御トポロジ管理情報(2-3701)は表示制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示することが可能であり。トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-3702)、ユーザID「2」情報ウィンドウ(2-3604)から構成される。

図2-17は中央制御装置(2-2001)内の料金計算部(2-3305)で演算された利用課金情報(2-3703)である。固有の「ユーザID」、ユーザID毎の「利用年月」、ユーザID毎の「通信ノード装置増減数」、ユーザID毎の「帯域増速数」、ユーザID毎の「波長リンク総数」、ユーザID毎の「割引」そして、ユーザID毎の「課金」の情報が一体となったデータ(2-3703)形式で、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積され、管理部(2-3303)によってデータ管理され、月毎にユーザID毎の通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金案内を実施する。ユーザID「1」でのノード新設が2003年4、5月期に発生したために、これに応じて波長リンク総数が2リンク増加し14リンクとなり、これに伴って料金に変化していることを示している(2-3704)。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### [第27実施形態]

図2-18はユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-3705)を示している。中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に保持されている中央制御トポロジ管理情報(2-3601)からユーザIDが「1」に関する情報を切り出し、制御信号を使って前記に送信し、ユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3705)を保持・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管

理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-3705)を管理させる。

ユーザ通信ノード装置番号「5」－ユーザ通信ノード装置番号「2」を結ぶリンクによる追加情報(2-3706)、ユーザ通信ノード装置番号「5」－ユーザ通信ノード装置番号「4」を結ぶリンクによる追加情報(2-3707)のそれぞれがユーザトポロジ管理情報(2-3705)に反映されている。

図2-19は前記ユーザトポロジ管理情報(2-3705)を通信ノード装置(2-301～304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザIDが「1」の利用者に対してグラフィカル表示することが可能であり、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成がユーザウィンドウ(2-3708)に示され、新規ノード追加(2-ユーザ通信ノード装置番号「5」)によるトポロジの変化が示される。

図2-20は前記ユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301～304)に接続された内部データベース(2-701～704)及び外部データベース(2-801～804)に蓄積された利用課金情報(2-3709)である。「利用年月」、「通信ノード装置増減数」、「帯域増速数」、「波長リンク総数」、「割引」そして、「課金」の情報が一体となったデータ(2-3709)形式となっている。月毎に中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積されたものから、ユーザIDが「1」の項目が切り出され、ユーザ「1」に属する通信ノード装置(2-301～304)に接続された内部データベース(2-701～704)及び外部データベース(2-801～804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金が行われる。ここでは、ユーザID「1」での新規ノード新設が2003年4、5月期に発生したために、これに応じて波長リンク総数が2リンク増加し14リンクとなり、これに伴って料金が増加していることを示している(2-3704)。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### [第28実施形態]

図2-21はユーザID「2」の利用者が通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「1」、管理通信ノード装置番号「5」と通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「6」)の間で帯域増速する場合での、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3801)を示している。

2つの通信ノード装置間で波長パス増設による帯域増速を行う場合は、それぞれの通信ノード装置がこれまで論理的に接続していない通信ノード装置を経由する迂回波長パスを新たに新設することで可能となる。

通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「1」、管理通信ノード装置番号「5」)⇔通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「5」、管理通信ノード装置番号「9」)⇔通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「6」)による、新たな波長パスの新設によって、通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「1」、管理通信ノ

ード装置番号「5」)⇔通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「6」)の帯域増速を行う。なお、通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「5」、管理通信ノード装置番号「9」)での通信ノード装置(2-301~304)内の2L×2L電気スイッチ(2-2702)では、光受信器(2-2601~2603)からの信号を波長可変光源(2-2501~2503)に折り返すスイッチ動作を行っている。

このとき、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3801)では、ユーザIDが「2」に関するデータにおいて、増速によって新設された新たなノードリンク数の増加が、通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「1」、管理通信ノード装置番号「5」)、通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「5」、管理通信ノード装置番号「9」)、では、それぞれ1つ増加、そして通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号(6))では、2つ増加する(2-3802)。一方、中央制御トポロジ管理情報(2-3801)でのユーザID「1」に関する情報については、トポロジの変化が無いいため、情報の変化は現れない。

また、前記中央制御トポロジ管理情報(2-3801)は表示制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示することが可能である。このグラフィカル表示は、図2-22に示すように、トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-3603)、ユーザID「2」情報ウィンドウ(2-3803)から構成される。

図2-23は中央制御装置(2-2001)内の料金計算部(2-3305)で演算された利用課金情報(2-3805)である。固有の「ユーザID」、ユーザID毎の「利用年月」、ユーザID毎の「通信ノード装置増減数」、ユーザID毎の「帯域増速数」、ユーザID毎の「波長リンク総数」、ユーザID毎の「割引」そして、ユーザID毎の「課金」の情報が一体となったデータ(2-3805)形式で、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積され、管理部(2-3303)によってデータ管理され、月毎にユーザID毎の通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金案内を実施する。ユーザID「2」での帯域増速のために新規波長リンク数が2003年5月期に16に増加したため、これに伴って料金が変化していることを示している(2-3806)。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### [第29実施形態]

図2-24はユーザIDが「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-3807)を示している。中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2302)に保持されている中央制御トポロジ管理情報(2-3601)からユーザIDが「2」に関する情報を切り出し、制御信号を使

って前記通信ノード装置に送信し、ユーザIDが「2」の利用者が使用する通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3807)を保持・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-3807)を管理させる。

ユーザ通信ノード装置番号「1」⇔ユーザ通信ノード装置番号「4」を結ぶリンクによる追加情報(2-3808)、ユーザ通信ノード装置番号「2」⇔ユーザ通信ノード装置番号「4」を結ぶリンクによる追加情報(2-3803)のそれぞれがユーザトポロジ管理情報(2-3807)に反映されている。

図2-25は前記ユーザトポロジ管理情報(2-3807)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザIDが「2」の利用者に対してグラフィカル表示することが可能であり、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成がユーザウィンドウ(2-3809)に示され、新規ノード追加(ユーザ通信ノード装置番号「5」)によるトポロジの変化が示される。ユーザ通信ノード装置番号「1」⇔ユーザ通信ノード装置番号「2」を結ぶ新たな論理パス(2-3810)が表示される。

図2-26は前記ユーザIDが「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用課金情報(2-3811)である。「利用年月」、「通信ノード装置増減数」、「帯域増速数」、「波長リンク総数」、「割引」そして、「課金」の情報が一体となったデータ(2-3710)形式となっている。月毎に中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積されたものから、ユーザIDが「2」の項目が切り出され、ユーザ「2」に属する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金が行われる。

ここでは、ユーザID「2」での帯域増速に伴う波長リンク総数の増加が2003年5月に発生したために、これに応じて波長リンク総数が16リンクとなり、これに伴って料金が増加していることを示している(2-3812)。なお、本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### [第30実施形態]

図2-27はユーザID「1」の利用者が通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「2」と通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「4」)の間で帯域増速する場合での、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3901)を示している。

2つの通信ノード装置間で波長パス増設による帯域増速を行う場合は、それぞれの通信ノード装置がこれまで論理的に接続していないノードを経由する波長パスを新たに新設することで可能となる。しかし、ユーザID「1」の全ての通信ノード装置はフルメッシュ



トポロジで構成されているため、新たな波長パスの新設に関して選択の余地がない。そこで、ユーザID「2」の特定の通信ノード装置の資源を利用し、これを解決する。

ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「2」)⇔ユーザID「2」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「8」)⇔ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「4」)による、新たな波長パスの新設によって、ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「2」)⇔ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「4」)の帯域増速を行う。なお、ユーザID「2」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「9」)での通信ノード装置(2-301~304)内の2L×2L電気スイッチ(2-2702)では、光受信器(2-2601~2603)からの信号を波長可変光源(2-2501~2503)に折り返すスイッチ動作を行っている。

このとき、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-3901)では、ユーザID「1」、ユーザID「2」に関するデータにおいて、増速によって新設された新たなノードリンク数の増加が、ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「2」、管理通信ノード装置番号「2」)、ユーザID「1」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「4」)、ではそれぞれ1つ増加、そしてユーザID「2」通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」、管理通信ノード装置番号「8」)では、2つ増加する(2-3902)。

また、前記中央制御トポロジ管理情報(2-3901)は表示制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示することが可能である。このグラフィカル表示は、トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-3603)、ユーザID「2」情報ウィンドウ(2-3803)から構成される。ここでは、新たなパス(2-3905)が表示される。

図2-29は中央制御装置(2-2001)内の料金計算部(2-3305)で演算された利用課金情報(2-3906)である。固有の「ユーザID」、ユーザID毎の「利用年月」、ユーザID毎の「通信ノード装置増減数」、ユーザID毎の「帯域増速数」、ユーザID毎の「波長リンク総数」、ユーザID毎の「割引」そして、ユーザID毎の「課金」の情報が一体となったデータ(2-3906)形式で、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積され、管理部(2-3303)によってデータ管理され、月毎にユーザID毎の通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金案内を実施する。ユーザID「1」での帯域増速のために新規波長リンク数が2003年5月期に16に増加したため、これに伴って料金に変化し(2-3907)、これと同時に、ユーザID「1」と利害関係のないユーザID「2」の通信ノード装置の波長可変光源資源の使用による割引及び割引後の料金を示している(2-3908)。なお、本実施形

態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

〔第 31 実施形態〕

図 2-31 はユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-3909)を示している。中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に保持されている中央制御トポロジ管理情報(2-3601)からユーザ ID が「1」に関する情報を切り出し、制御信号を使って前記通信ノード装置に送信し、ユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3909)を保持・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-3909)を管理させる。ユーザ通信ノード装置番号「2」⇔ユーザ通信ノード装置番号「4」を結ぶリンクによる追加情報(2-3910)がユーザトポロジ管理情報(2-3909)に反映されている。

図 2-31 は前記ユーザトポロジ管理情報(2-3909)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザ ID が「1」の利用者に対してグラフィカル表示することが可能であり、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成がユーザウィンドウ(2-3911)に示され、ユーザ通信ノード装置番号「1」⇔ユーザ通信ノード装置番号「2」を結ぶ新たな論理パス(2-3912)が表示される。

図 2-32 は前記ユーザ ID が「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用課金情報(2-3913)である。「利用年月」、「通信ノード装置増減数」、「帯域増速数」、「波長リンク総数」、「割引」そして、「課金」の情報が一体となったデータ(2-3913)形式となっている。月毎に中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積されたものから、ユーザ ID が「1」の項目が切り出され、ユーザ「1」に属する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金が行われる。ここでは、ユーザ ID 「1」での帯域増速に伴う波長リンク総数の増加が 2003 年 5 月に発生したために、これに応じて波長リンク総数が 16 リンクとなり、これに伴って料金に変化していることを示している(2-3914)。

一方、図 2-33 には前記ユーザ ID が「2」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用課金情報(2-3915)である。「利用年月」、「通信ノード装置増減数」、「帯域増速数」、「波長リンク総数」、「割引」そして、「課金」の情報が一体となったデータ(2-3915)形式となっている。月毎に中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及

び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積されたものから、ユーザIDが「2」の項目が切り出され、ユーザ「2」に属する通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金が行われる。ここでは、ユーザID「2」での通信ノード装置内の波長可変光源資源を2003年5月に利害関係のないユーザID「1」に使用させているため、料金割引が適用されていることを示している(2-3916)。本実施形態では課金期間の単位を月毎としたが、特にこれに限ることなく、日、年等の単位であっても良い。

#### [第32実施形態]

図2-34はユーザIDが1つだけの単体のリングトポロジからなる場合において、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-4001)を示している。また、前記中央制御トポロジ管理情報(2-4001)は制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示することが可能であり、図2-35に示すように、トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-4002)、から構成されている。

図2-36はユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-4003)を示しており、図2-37は前記ユーザトポロジ管理情報(2-4003)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザIDが「1」の利用者に対してグラフィカル表示することが可能であり、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成がユーザウィンドウ(2-4004)に示される。

図2-38はユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(管理通信ノード装置番号「4」、ユーザ通信ノード装置番号「4」)で障害が発生した場合での、障害発生通信ノード装置切り離しにおける中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)で管理されている中央制御トポロジ管理情報(2-4005)を示している。切り離しの結果、前記通信ノード装置(管理通信ノード装置番号「4」、ユーザ通信ノード装置番号「4」)でのノードリンク数は「0」となり、通信ノード装置(2-301~304)内の波長可変光源状態は「Off」となる(2-4006)。さらに、リングトポロジでは通信ノード装置をスキップして障害発生通信ノード装置と隣接している通信ノード装置において波長を再配置するため、障害発生通信ノードを構成する通信ノード装置にはWDM信号が到達することがなくなるため、WDM受信状態は「NG」となる(2-4006)。

図2-39は前記中央制御トポロジ管理情報(2-4001)が表示制御部(2-3304)を通じてトポロジ管理者端末(2-3401)にグラフィカル表示したものであり、トポロジ管理ウィンドウ(2-3602)、ユーザID「1」情報ウィンドウ(2-4007)、から構成されている。

図2-40は中央制御装置(2-2001)内の料金計算部(2-3305)で演算された利用課金情報

(2-4009)である。固有の「ユーザID」、ユーザID毎の「利用年月」、ユーザID毎の「通信ノード装置増減数」、ユーザID毎の「帯域増速数」、ユーザID毎の「波長リンク総数」、ユーザID毎の「割引」そして、ユーザID毎の「課金」の情報が一体となったデータ(2-4009)形式で、中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積され、管理部(2-3303)によってデータ管理され、月毎にユーザID毎の通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金案内を実施する。通信ノード装置(管理通信ノード装置番号「4」、ユーザ通信ノード装置番号「4」)での障害回避によりリングトポロジから2003年5月に切り離された結果、通信ノード装置増減数は「-1」、波長リンク総数は「6」、リンク総数が変化したことによる新たな料金として「F」となる(2-4010)。

図2-41はユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続されている内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)で管理されているユーザトポロジ管理情報(2-4011)を示している。中央制御装置(2-2001)に接続されている内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に保持されている中央制御トポロジ管理情報(2-4005)からユーザIDが「1」に関する情報を切り出し、制御信号を使って前記通信ノード装置(2-301~304)に送信し、ユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)にユーザトポロジ管理情報(2-3601)を保持・蓄積させ、前記通信ノード装置(2-301~304)内の管理部(2-3105)によってユーザトポロジ管理情報(2-4011)を管理させる。障害発生した通信ノード装置(ユーザ通信ノード装置番号「4」)を切り離した波長の再配置を行ったため、ユーザ通信ノード装置番号「4」におけるノードリンク数が「0」となる(2-4012)。

図2-42は前記ユーザトポロジ管理情報(2-4011)を通信ノード装置(2-301~304)内の表示制御部(2-3106)が通信ノード装置管理者端末(2-3201)にデータを渡し、前記ユーザIDが「1」の利用者に対してグラフィカル表示することが可能であり、トポロジ状態図、通信ノード装置、接続構成がユーザウィンドウ(2-4013)に示され、障害発生ノード(2-4008)が切り離された様子が示される。

図2-43は前記ユーザIDが「1」の利用者が使用する通信ノード装置(2-301~304)に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に蓄積された利用課金情報(2-3913)である。「利用年月」、「通信ノード装置増減数」、「帯域増速数」、「波長リンク総数」、「割引」そして、「課金」の情報が一体となったデータ(2-3913)形式となっている。月毎に中央制御装置(2-2001)に接続された内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に利用ノードリンク数に応じた利用課金情報として蓄積されたものから、ユーザIDが「1」の項目が切り出され、ユーザ「1」に属する通信ノード装置に接続された内部データベース(2-701~704)及び外部データベース(2-801~804)に渡され、過

去の利用状況を示すとともに、ユーザへの課金が行われる。ここでは、ユーザID「1」での障害回避に伴う波長リンク総数の増加が2003年5月に発生したために、これに応じて波長リンク総数が6に減り、これに伴って料金に変化していることを示している(2-4015)。

#### [第33実施形態]

特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大してネットワーク負荷が発生し、これらの通信ノード装置のうちの何れかの通信ノード装置の管理主体者から、あるいは両者から通信ノード装置間での帯域増速要求が中央制御装置(2-2001)に発せられた場合は、次のように帯域増速を行う。

即ち、中央制御装置(2-2001)は、内部のデータベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に問い合わせ、演算することによって適否の判定を行い、通信ノード装置が直接接続していない他の通信ノード装置を経由することによって、迂回波長パスを新たに構成し前記通信ノード装置間の帯域増速が可能である場合には、迂回のための通信ノード装置と上記特定の通信ノード装置との間に新たな波長パス経路を設定するための波長再設定を、それぞれの通信ノード装置に通知して新たな波長パス設定を実施すると共に、内部のデータベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)の格納データを更新する。

さらに、中央制御装置(2-2001)は、内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)を参照し、新規の波長パス経路に必要な追加負担料金を演算記録し、上記通信ノード装置の管理主体者に通信ノード装置(2-301~304)を通じて料金負担を通知し、波長パス経路を提供した通信ノード装置の料金負担の減額を演算記録し、通信ノード装置(2-301~304)を通じて通信ノード装置の管理主体者に料金の減額を通知する。

#### [第34実施形態]

特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大してネットワーク負荷が発生し、これらの通信ノード装置のうちの何れかの通信ノード装置の管理主体者から、あるいは両者から通信ノード装置間での帯域増速要求が中央制御装置(2-2001)に発せられた場合は、次のように帯域増速を行う。

即ち、中央制御装置(2-2001)は、内部のデータベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)に問い合わせ、演算することによって適否の判定を行い、通信ノード装置が接続していない他の論理的ネットワークトポロジに接続された通信ノード装置の未使用波長を使用することによって迂回波長パス経路を新たに設け、通信ノード装置間の帯域増速が可能であると判定された場合には、迂回のための通信ノード装置と上記特定の通信ノード装置との間に新たな波長パス経路を設定するための波長再設定を、それぞれの通信ノード装置に通知して、新たな波長パス経路を設定を実施すると共に、内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)を更新する。

さらに、中央制御装置(2-2001)は、内部データベース(2-2301)及び外部データベース(2-2401)を参照し、新規の波長パス経路に必要な追加負担料金を演算記録し、上記通信ノード装置の管理主体者に通信ノード装置(2-301~304)を通じて料金負担を通知し、波長パス経

路を提供した通信ノード装置の料金負担の減額を演算記録し、通信ノード装置(2-301~304)を通じて通信ノード装置の管理主体者に料金の減額を通知する。 [第 35 実施形態]

図 4-1 は、通信ノード装置内の波長可変光源部と受信波長可変受信部からなる波長可変送受信部の構成、および制御部の構造を記述した本発明の第 35 実施形態における通信ノード装置構成図である。

図中の 4-2501 は通信ノード装置、4-1601 は通信端末装置、4-600a は光ファイバ等の伝送路である。

本実施形態では波長可変光源部を波長可変光源 4-1301, 1302, 1303 で構成し、これら波長可変光源からの SSG-DBR レーザ等の波長可変半導体レーザを変調器 4-1201, 1202, 1203 によって外部変調する形態を示したが、これに限る必要は無く、直接変調可能な波長可変半導体レーザを適用することも可能である。また、波長可変光源部へ導入される光素子が、波長可変レーザ等の波長可変光源 4-1301, 1302, 1303 と変調器 4-1201, 1202, 1203 を直列に接続、或いはこれらが互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらが直列接続された L (L は 2 以上 N 以下の整数) × N (N は 2 以上の整数) スイッチと N × 1 光カップラに対して直列に接続された構成を持つようにしても良い。

また、本実施形態では、受信波長可変受信部を波長可変フィルタ 4-1401~1403 で構成し、設定された波長において透過する光信号を通信端末装置 I/F 4-1701 に入力する形態を示したが、これに限る必要は無く、受信波長可変受信部を波長可変フィルタとフォトディテクタ、さらに電気光変換器を直列に接続し、前記の透過する光信号をフォトディテクタで受信した後に再度電気光変換器において光信号へと変換した後に、通信端末装置 I/F 4-1701 へ入力するような構成を持つようにしても良い。

通信端末装置 4-1601 は、通信端末装置インタフェース (I/F) 4-1701 を備え、この通信端末装置インタフェース (I/F) 4-1701 は光ファイバ 4-1501, 1502, 1503 によって通信ノード装置 4-2501 に備えられた波長可変送受信部 4-1105 に接続されている。

通信端末装置 4-1601 に配置された通信端末装置 I/F 4-1701 から出力される光信号は波長可変送受信部 4-1105 に配置された波長可変光源 4-1301~1303 及び変調器 4-1201~1203 を通じて ITU グリッド上に配置された 1.5 ミクロン帯の波長と変換されて主信号となり、3 × 1 光カップラ 4-901 によって複数の主信号が結合され、WDM カップラ 4-809a を通り光ファイバなどの伝送路 4-600a によってアレイ導波路回折格子 (AWG) へと向かう。

アレイ導波路回折格子 (AWG) から届く主信号は通信ノード装置 4-2501 に配置された WDM カップラ 4-810a へと到達し、波長可変送受信部 4-1105 に配置された光カップラ 4-902 によって分波された後に、光ファイバによって接続された波長可変フィルタ 4-1403 を透過した後に光ファイバ 4-1501~1503 によって通信端末装置 I/F 4-1701 へと到達し、通信端末装置 4-1601 に設けられた図示せぬ光受信器にて終端される。尚、本実施形態では、

受信波長可変受信部を、それぞれが直列に接続された前記光受信器と波長可変フィルタ 4-1401~1403 とから構成したが、これらが直列接続された  $L \times N$  スイッチと  $N \times 1$  合波器に対して直列に接続された構成を持つようにしても良い。

通信ノード装置 4-2501 には通信ノード装置制御部 4-1101 が備えられ、さらに、通信ノード装置制御部 4-1101 には前記制御信号の入出力インタフェースとなる制御信号入出力ポート 4-1801、波長可変光源 4-1301~1303 および波長可変フィルタ 4-1401~1403 を監視ならびに制御する監視制御部 4-1901 と波長制御部 4-2001、そして時刻を保持するシステムクロック 4-2401、システムクロック 4-2401 を制御する時刻制御部 4-2101、ならびに、後述するソフトウェアや設定波長データベースを保持するメモリ要素部 4-2301、ならびに、これらを制御する中央演算部 (CPU) 4-2201 が備えられている。

図 4-2 に示す中央制御装置 4-301 には、前記制御信号の入出力インタフェースとなる制御信号入出力ポート 4-2601、波長可変送受信部 4-1106 が出力する受信可能な波長範囲を表した波長資源データベース 4-2606、通信ノード装置 4-2502 の障害情報を記録する障害記録データベース 4-2607、そして、時刻を保持するシステムクロック 4-2603、システムクロック 4-2603 を制御する時刻制御部 4-2602、ならびに、後述するソフトウェアを保持するメモリ要素部 4-2604、さらに、これらを制御する中央演算部 (CPU) 4-2605、そして、表示制御部 4-2608 が備えられている。

なお、以降の記述において「論理ネットワークトポロジ」を「トポロジ」として呼称するものとする。

表示制御部 4-2608 はトポロジ管理者端末 4-2609 と接続し、人間の操作によってトポロジ管理者端末 4-2609 から入力される情報を受信すると共に、中央制御装置 4-301 によって出力される情報をトポロジ管理者端末 4-2609 に送信する。

通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された制御信号入出力ポート 4-1802 は、光ファイバによって WDM カップラ 4-811a に接続され制御信号の送信および受信で使用する伝送路を前記主信号で使用する光ファイバの伝送路と共有させている。また、アレイ導波路回折格子 (AWG) 4-101 に配置された WDM カップラは光ファイバによって集約機 4-3012 に接続されると共に集約機 4-3012 の 1 つの入出力ポートを中央制御装置 4-301 に配置された制御信号入出力ポート 4-2601 に接続し、WDM カップラ 4-812b によって制御信号の光路を集約機 4-3012 へと向かわせる。これによって、中央制御装置 4-301 に配置された制御信号入出力ポート 4-2601 と通信ノード装置制御部 4-1101~1104 に配置された制御信号入出力ポート 4-1802 が集約機 4-3012 を中継することによって接続可能となり、前記制御信号を主信号で使用している光ファイバなどの伝送路と共有しながら送受信可能となる。

図 4-2 および図 4-3 は、中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 と通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 との間での時刻情報に関する制御信号の送受信ならびにその処理の流れを示した図である。

通信ノード装置 4-2502 に配置された波長可変送受信部 4-1106 に含まれる波長可変光源

4-1304～1306 および波長可変フィルタ 4-1404～1406 を制御するに当たり、波長の変更が生じた際にその都度中央制御装置 4-301 と制御情報を送受信する方式では、通信ノード装置の数が増大した場合、制御情報も同時に増加してしまい中央制御装置 4-301 への負荷が増大する。そこで、本光通信ネットワークシステムでは後述するように波長変更にかかわる情報と変更時刻を制御信号に乗せてあらかじめ通信ノード装置制御部 4-1102 に送り、変更時刻に達したときに通信ノード装置制御部 4-1102 が自律的に波長変更を波長可変光源 4-1304～1306 ならびに波長可変フィルタ 4-1404～1406 に対して実施する。これを実現するに当たっては、中央制御装置 4-301 に配置されたシステムクロック 4-2603 と通信ノード装置制御部 4-1102 に配置されたシステムクロック 4-2402 との同期が必要であるが、本光通信ネットワークシステムでは中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 を時刻配信サーバとすると共に通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 を時刻クライアントとして構成している。

まずはじめに、中央制御部 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 がシステムクロック 4-2603 から時刻を取得する (4-3001,3001s)。通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 は、中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 に対して時刻問合せ信号 (4-3002a,3004a,3006a) を前記制御信号に乗せて送信し、これを受けた時刻制御部 4-2602 が時刻制御部 4-2102 に対して時刻情報信号 (4-3002a,3004a,3006a) を送信する。時刻制御部 4-2102 はランダムに時刻問合せ信号を時刻制御部 4-2602 に送信し、その返答として時刻情報を受け取り (4-3002b,3004b,3006b, 4-3002s,3004s,3006s)、時刻問合せの集中を回避して中央制御装置 4-301 への処理に係わる負荷を低減させている。

時刻制御部 4-2102 で受け取った前記時刻情報を基にシステムクロック 4-2402 に時刻を与え (4-3003,3005,3007, 3003s,3005s,3007s)、その結果として中央制御装置 4-301 に配置されたシステムクロック 4-2603 と通信ノード装置制御部 4-1102 に配置されたシステムクロック 4-2402 が時刻同期することになる。なお、本実施形態では中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 を時刻配信サーバとし、通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 を時刻問合せ・受信クライアントと説明しているが、時刻制御部 4-2602 が時刻配信サーバである必然性は無く、時刻制御部 4-2602、時刻制御部 4-2102 のうちのいずれか 1 つが時刻配信サーバになればよい。また、時刻制御情報を乗せた制御信号としてネットワークタイムプロトコル (NTP) が適用可能であるが、これに限る必要は無くシンプルネットワークタイムプロトコル (SNTP) あるいは独自の時刻制御信号でも良い。

図 4-4 及び図 4-5 はトポロジ変更の際の中央制御装置 4-301 での波長制御の処理に関わるフローチャートである。本フローチャートはメモリ要素部 4-2604 に保持された後述するトポロジ制御エージェントによるソフトウェアの動作の流れを示している。

まずはじめに、通信ノード装置制御部 1102 への時刻同期処理となる『通信ノード装置時刻同期処理』のステップ S 1 c を行った後に、波長可変送受信部 4-1106 に配置された波長



可変光源 4-1304~1306 ならびに波長可変フィルタ 1404~1406 のそれぞれの送信及び受信可能な波長範囲を読み取る『通信ノード装置波長資源情報収集処理』のステップ S 2 c が実施される。

トポロジ管理者となる人間はトポロジ管理者端末 4-2609 を通じてトポロジ変更対象となるトポロジの指定を行うステップ『被変更トポロジ指定』のステップ S 2. 1 c を実施し、つぎに、特定の通信ノード装置の指定入力、あるいは、全ての通信ノード装置を新たなトポロジ種別に変更する場合のどちらかを選択する『個別通信ノード装置選択/全通信ノード装置選択、新トポロジ種別入力』の選択を行うステップ S 2. 2 c を実施する。

特定の通信ノード装置の指定入力が入力がトポロジ管理者によって選択された場合には、『被変更通信ノード装置『i』(i は P 以下の整数、ただし  $P \leq N$ ) の指定』のステップ S 3 c を実施する。

引き続き、トポロジ管理者となる人間がトポロジ変更となる通信ノード装置間を接続する新たな変更波長パスを入力する『新トポロジの構成に必要な通信ノード装置間の波長パス入力』ステップ S 5 c をトポロジ管理者端末 2609 を通じ、変更対象となる P 個の通信ノード装置を対象に実施する (S 4 c, S 6 c, S 7 c, S 8 c, S 9 c)。ただし、この際に、前記 S 2 c の『通信ノード装置波長資源情報収集処理』ステップによって取得済みの波長資源情報と比較するステップ S 6 c を含み、トポロジ管理者が入力する新たな波長パスの形成に必要な波長資源が存在しない場合は『トポロジ管理者端末へのエラーメッセージ表示』ステップ S 7 c が動作し、前記トポロジ管理者へ注意を喚起可能とする。ただし、ステップ S 6 c においては、後述するトポロジ・波長対応データベース 6006 に記憶されている波長配置表 4-9000 (波長配置表については後述する) を参照して判断を行っている。

ステップ S 2. 2 c において、全ての通信ノード装置に対する新トポロジ種別が選択され、ステップ S 3. 1 c において新たなトポロジ種別入力が入力された場合には、変更対象となる N 個の通信ノード装置を対象に実施する (S 4. 1 c, S 6. 1 c, S 7. 1 c, S 8. 1 c, S 9 c)。ただし、この際に、前記 S 2 c の『通信ノード装置波長資源情報収集処理』ステップによって取得済みの波長資源情報と比較するステップ S 6. 1 c を含み、新たな波長パスの形成に必要な波長資源が存在しない場合は『トポロジ管理者端末へのエラーメッセージ表示』ステップ S 7. 1 c が動作し、前記トポロジ管理者へ注意を喚起可能とする。

ただし、ステップ S 6 c においては、後述するトポロジ・波長対応データベース 4-6006 に記憶されている波長配置表 4-9000 (波長配置表については後述する) を参照して判断を行っている。

さらに引き続き、『トポロジ変更時刻の指定』ステップ (S 9 c) により、前記トポロジ管理者となる人間がトポロジ変更予定時刻 ( $t = T$ ) を入力し、トポロジ変更に関する情報の入力が終了する。

トポロジ変更となる通信ノード装置での新たな波長情報ならびにトポロジ変更時刻はステップS11cによって中央制御装置において作成およびクラス化され、ステップ12cによって中央制御装置から通信ノード装置に送信される。ただし、ステップS9c、ステップS12c、S13c、S14cによって、変更となるM個の通信ノード装置に対して実施される。

トポロジ変更対象とならない通信ノード装置がトポロジ変更を予定されている通信ノード装置とすでに接続している際に、トポロジ変更実施を行わない当該通信ノード装置に接続された通信端末装置の使用法によっては前記通信端末装置が保持する経路情報の更新に伴うトポロジ変更を行わない通信ノード装置の切断が考えられる。したがって、トポロジ変更とならない通信ノード装置に対してトポロジ変更が実施されることの通知を行う。そこで、通信ノード装置『j』（jは1以上かつ、K以下の整数。ただし $K=N-P$ ）に対して『通信ノード装置「j」へのトポロジ変更予告メッセージ送信』ステップS17cを実施し、ステップS17c、S18c、S19cにより、トポロジ変更とならない通信ノード装置にメッセージ送信を行う。本メッセージを受信した通信ノード装置は当該通信ノード装置と接続している通信端末装置に対して接続性の維持を行うキープアライブ（Keep Alive）信号を送信することが可能となり、トポロジ変更の前後において当該通信ノード装置の接続性を保つことが可能となる。

前記ステップS13cによって前記クラスを受信したトポロジ変更を行う通信ノード装置は、中央制御装置4-301に前記クラス受信完了メッセージを送信する。ステップS20cによってトポロジ変更を行う通信ノード装置からのクラス受信完了メッセージを中央制御装置301が受信し、トポロジ変更実施時刻を過ぎると後述するようにトポロジ変更通信ノード装置から変更完了を示すメッセージを受信し始め、ステップS21cによって全てのトポロジ変更実施済みの通信ノード装置からの変更完了メッセージを受信の有無が判断される。前記ステップS21cが終わると、前記のトポロジ変更とならない全ての通信ノード装置に対して『通信ノード装置「j」へのトポロジ変更完了メッセージ』を送信するステップS22c、S23c、S24c、S25cが実施され、トポロジ変更に関する中央制御装置301での処理が終了する。

図4-6及び図4-7はトポロジ変更に際しての通信ノード装置制御部4-1102での波長制御のコンピュータ処理にかかわるフローチャートである。本フローチャートはメモリ要素部4-2302に保持された後述するトポロジ制御エージェントの動作の流れを示している。

まずはじめに、『中央制御装置との時刻同期』ステップS1nにより、通信ノード装置制御部4-1102に配置されたシステムクロック2402と中央制御装置4-301内のシステムクロック4-2603とを時刻同期する処理を実施する。引き続き前記S2nステップによって中央制御装置4-301に対して『中央制御装置への通信ノード装置保有波長資源情報応答処理』を実施する。

さらに、前記S11c～S14cステップによって新たな波長情報とトポロジ変更予定

時刻を表すクラスが通信ノード装置制御部 1102 に届けられると、『中央制御装置 4-301 からの設定波長情報、トポロジ変更時刻情報クラス受信、通信ノード装置メモリ要素部への書き込み』ステップ S 3 n によってトポロジ変更に必要な情報を記録し、引き続き『トポロジ変更予告メッセージ表示』ステップ S 4 n を実施し、ステップ S 5 n, S 6 n によって、トポロジ変更予定時刻 (T) まで待機する。

トポロジ変更予定時刻 (T) に達すると、波長可変光源及び波長可変フィルタの設定波長変更処理をステップ S 7 n, S 8 n にて実施する。このステップ S 7 n, S 8 n では、すでに使用している波長パスに対する波長変更であるか無いかを判断するステップ S 11 n を実施し、既存の波長パスへの変更であった場合はステップ S 12 n によって波長制御部 4-2002 による波長可変光源出力停止処理が実施された後に波長制御部 4-2002 によってメモリ要素部 4-2302 に保持されている新たな波長情報を読み取るステップ S 13 n を実施する。他方で、ステップ S 11 n に引き続き、トポロジ変更以前において未使用の波長可変光源に対して新たな波長パス変更であった場合は前記 S 11 n ステップによって判断された後に、前記 S 13 n ステップを実施する。

前記 S 13 n ステップ実施以降は波長制御部 4-2002 による波長可変光源波長および波長可変フィルタの変更処理をステップ S 14 n, S 15 n によって実施し、引き続き、変更後の前記波長可変光源の出力を開始させるステップ S 16 n を実施する。さらに引き続き、監視制御部 4-1902 によって波長変更後における波長可変光源の設定波長および出力強度状態、ならびに、波長可変フィルタ波長の状態監視が継続的に実施されるステップ S 17 n が実施される。波長設定に関わる一連の処理の終了後はステップ S 9 n によって、中央制御装置 4-301 へのトポロジ変更完了メッセージが送信されると共に、ステップ 10 n によってトポロジ変更完了メッセージが表示され、一連の処理が終了する。

このように、前記 S 8 n における波長変更処理の中において中央制御装置 4-301 との制御信号の送受信が一切含まれることなく通信ノード装置制御部 4-1102 が自律的に処理を行うため、中央制御装置 4-301 に波長変更処理中において負荷を一切生じさせることなく、トポロジ変更を高速に可能とさせている。

図 4-8 はトポロジ変更対象とならない通信ノード装置 4-2502 に配置された通信ノード装置制御部 4-1102 でのコンピュータ処理の流れを示すフローチャートである。前述のように、トポロジ変更対象とならない通信ノード装置 4-2502 がトポロジ変更となる通信ノード装置 4-2502 とすでに接続しており、トポロジの変更の前後において両者の接続性が失われることが無い場合であっても通信ノード装置 4-2502 に配置された通信端末装置の使用方法によっては前記通信端末装置 4-1602 が保持する経路情報の更新に伴うネットワークの切断が考えられる。

したがって、トポロジ変更とならない通信ノード装置 4-2502 に対してトポロジ変更が実施されることの通知を行う必要がある。そこで、ステップ S 1 n, S 2 n によって、『中央制御装置との時刻同期』、ならびに『中央制御装置への通信ノード装置保有波長資源情報応

答処理』後において、『中央制御装置からのトポロジ変更予告メッセージ受信』のステップ S 1 8 n を実施した後において、『トポロジ変更予告メッセージ表示』のステップ S 4 n を実施する。本メッセージを受信した通信ノード装置 4-2502 は接続している通信端末装置 4-1602 に対して接続性の維持を行うキープアライブ (Keep Alive) メッセージを送信させ、トポロジの変更前後において当該通信ノード装置 4-2502 の接続性を保つことが可能となる。

トポロジ変更時刻 T に達するまでステップ S 5 n, S 6 n によって待機処理を行い、時刻 T 以降において『中央制御装置からのトポロジ変更完了メッセージ受信』ステップ S 1 9 n を実施し、この後、『トポロジ変更完了メッセージ表示』ステップ S 1 0 n を実施する。前記 Keep Alive 信号を通信端末装置に送信した場合は、前記 S 1 0 n ステップによって前記 Keep Alive 信号を停止させる。

図 4-9 は前記図 4-4 中の前記 S 1 1 c ステップで生成されるトポロジ変更通信ノード装置『i』に対する設定波長情報ならびにトポロジ変更時刻によって構成されるクラス 4-4000 である。前記クラス 4-4000 は 4 種のオブジェクトを備え、それぞれ通信ノード装置番号情報オブジェクト 4-4004、複数個の波長可変光源を選択的に指定するための「波長可変光源番号」ならびにそれぞれの出力波長を示す「波長番号」を備える波長可変光源オブジェクト 4-4001、複数個の波長可変フィルタを選択的に指定するための「波長可変フィルタ番号」ならびにそれぞれの透過波長を示す「波長番号」を備える波長可変フィルタオブジェクト 4-4002、そして「波長変更時間」を示す時間オブジェクト 4-4003 である。

図 4-10 は本実施形態における通信ノード装置 2502、ならびに中央制御装置 4-301 の各要素の配置ならびに物理的な接続状態を示す図である。図 4-10 においては、通信ノード装置 4-2502 を符号 5000 で表し、中央制御装置 4-301 を符号 4-6000 で表している。

通信ノード装置 4-5000 に備えられるメモリ要素部 4-5007 はトポロジ制御エージェント 4-5008、設定波長データベース 4-5009 を備えている。トポロジ制御エージェント 4-5008 は中央制御装置 4-6000 から送信されるクラス 4-4000 を解釈し波長制御部 4-5004 に波長変更を指示し、あるいは監視制御部 4-5005 から得られる情報を解釈すると共に制御にかかわるメッセージを中央制御装置 4-6000 に送信する。波長設定データベース 4-5009 は波長可変送受信部 4-5001 に配置される波長可変光源及び波長可変フィルタのそれぞれの出力及び受信可能な波長範囲を記録して保持するデータベースである。

通信ノード装置 4-5000 は、時刻制御部 4-5002 と、システムクロック 4-5003、波長制御部 4-5004、監視制御部 4-5005、そして制御信号入出力ポート 4-5016 を備え、これらのそれぞれが中央演算部 (CPU) 4-5006 と接続される (4-5010, 5013, 5014, 5015)。

波長可変送受信部 4-5001 は、波長制御部 4-5004 ならびに監視制御部 4-5005 と直接接続され、中央演算部 (CPU) 4-5006 を介さずにハードウェア制御が可能となる。同様に、システムクロック 4-5003 は時刻制御部 4-5002 と直接接続される。

中央制御装置 4-6000 は、図 4-1 を参照して前述した様にメモリ要素部 4-6004、時刻制

御部 4-6001、障害記録データベース 4-6008、波長資源データベース 4-6009、ならびに、制御信号入出力ポート 4-6017、表示制御部 4-6018 を備え、これらのそれぞれは中央演算部（CPU）4-6003 と接続される（4-6010～6012,6014,6015）。メモリ要素部 4-6004 は、トポロジ制御エージェント 4-6005 と、トポロジ・波長対応データベース 4-6006、ならびにハイパーテキストトランスファープロトコル（HTTP）サーバ 4-6007 を備えている。

トポロジ制御エージェント 4-6005 は、トポロジ管理者（I/F）4-6017 ならびに表示制御部 4-6018 を通じて送られてくるトポロジ変更情報に従って波長パス変更を必要とする通信ノード装置を特定すると同時に、トポロジ・波長対応データベース 4-6006 に記憶されている波長配置表 4-9000（波長配置表については後述する）を参照してトポロジ変更後の波長を読み出し、また同時にトポロジ管理者 I/F 4-6017、ならびに表示制御部 4-6018 を通じて送られてくるトポロジ変更時刻情報と合わせてクラス 4-4000 を作成する。さらに、通信ノード装置 4-5000 から送信される波長可変光源及び波長可変フィルタのそれぞれの送信可能波長範囲と受信可能波長範囲に関する情報を読み取り、当該情報を波長資源データベース 4-6009 に記録する。また、通信ノード装置 4-5000 から送信される障害情報をトポロジ制御エージェント 4-6005 が読み取り、中央演算部（CPU）4-6003 を使用して、当該情報をデータベース情報とさせ障害記録データベース 4-6008 に記録すると共に、使用不可能となった波長資源に係わる情報を波長資源データベース 4-6009 に記録する。

表示制御部 4-6018 はトポロジ管理者（I/F）4-6017 を通じてトポロジ管理者端末 4-7001 と接続し、トポロジ管理者となる人間がトポロジ管理者端末 4-7001 に備えられたブラウザ 4-7000 を操作することによって、トポロジ変更情報を中央制御装置 4-6000 に送信する。なお、本実施形態では通信ノード装置 4-5000 に配置された監視制御部 4-5005、波長制御部 4-5004、時刻制御部 4-5002 がメモリ要素部 4-5007 と独立に配置されているがこれに限ることは無く、全てがメモリ要素部 4-5007 に配置されていても本質的に差異は無い。また同様に、中央制御装置 4-6000 に配置された時刻制御部 4-6001、障害記録データベース 4-6008、波長資源データベース 4-6009 がメモリ要素部 4-6004 と独立に配置されているがこれに限ることは無く、これらの全てがメモリ要素部 4-6004 に配置されていても本質的に差異は無い。

図 4-11 は本実施形態での通信ノード装置 4-5000、中央制御装置 4-6000 ならびにトポロジ管理者端末 4-7001 が備える各要素の論理的な接続配置を示した図である。中央制御装置 4-6000 が備えるトポロジ制御エージェント 4-6005 ならびに通信ノード装置 4-5000 が備えるトポロジ制御エージェント 4-5008 は制御信号入出力ポート 4-6017 ならびに制御信号入出力ポート 4-5016 を介して制御信号によって論理的に接続される。また、中央制御装置 4-6000 が備える前記トポロジ管理者（I/F）4-6018 はハイパーテキストトランスファープロトコル（HTTP）サーバ 4-6007 とトポロジ管理者端末 4-7001 が備える前記ブラウザを論理的に接続させている。

HTTPサーバ 4-6007 はトポロジ管理者端末 4-7001 を操作する人間には本光通信ネッ

トワークシステムを制御するに当たってのゲートウェイとして働く。なお、本実施形態では当該ゲートウェイ機能を持たせるに当たってHTTPサーバ4-6007ならびに、トポロジ管理者端末4-7001を操作する人間に与えるインタフェースとしてブラウザ4-7000を適用しているが、本プロトコルを使用した形態で適用させる必然性は無く、インターネットエンジニアリングタスクフォース(IETF)で標準化されたSimple Network Management Protocol(SNMP)や独自のプロトコルを使用したゲートウェイ機能を有するSNMPマネージャや独自プロトコルサーバを中央制御装置4-6000に備えても良く、同様に、前記SNMPマネージャ、あるいは、独自プロトコルサーバに合わせてトポロジ管理者端末4-7001にブラウザ4-7000ではなく独自のインタフェースを備えても良い。

図4-12乃至図4-15は本実施形態において、論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジへと変更あるいはその逆の変更を実施するに当たって必要となる波長を示す図である。なお、図4-12乃至図4-15での波長配置においては、アレイ導波路回折格子(AWG)4-101として周回性を有するアレイ導波路回折格子(Arrayed Waveguide Grating: AWG)を使用している。

図4-12に示された4つの通信ノード装置4-8001~8004を論理的リングネットワークトポロジの構成で接続する際、図4-13に示された周回性を有する波長配置表4-9000上で示される33番波長(4-9001,9004,9006,9007)、ならびに35番波長(4-9002,9003,9005,9008)を各通信ノード装置に適用させ、それぞれ送受信用に配置させて4つの波長リンク4-8005~8008を形成させる。次に、図4-14に示された4つの通信ノード装置4-8001~8004を論理的フルメッシュネットワークトポロジの構成で接続する際、図4-15に示された波長配置表4-9000上で示される34番波長(4-9009,9010,9010,9012)を新たに各通信ノード装置に適用させて、それぞれ送受信用に配置させ、2つの波長リンク4-8009,8010を形成させる。なお、本実施形態では前述した様に波長周回性を有するAWGを適用しているが、これに限ることは無く、波長周回性が無い場合でも波長配置表4-9000を作成することができ、各通信ノード装置を接続する際に必要となる波長を特定可能となり、これに基づき対向接続する波長リンクが形成可能である。

図4-16乃至図4-19は本実施形態における図4-12乃至図4-15を参照して前述した論理的リングネットワークトポロジから論理的フルメッシュネットワークトポロジへと変更させる際において、図4-4及び図4-5を参照して前述した前記ステップS11cにおいて生成されるクラス4-10001a~10001dである。通信ノード装置1~通信ノード装置4までの全ての通信ノード装置において新たな波長可変光源ならびに新たな波長可変フィルタが使用されるため、波長可変光源番号「3」、波長可変フィルタ番号「3」が波長可変光源情報4-10003a~10003d、波長可変フィルタ情報4-10004a~10004dに適用される。全ての通信ノード装置がトポロジ変更の際に波長の追加変更が発生するため、波長変更時間情報4-10005a~10005dにおける時刻が同一時刻となっている。これら波長可変光源情報4-10003a~10003d、波長可変フィルタ情報4-10004a~10004d、波長変更時間情報

4-10005a~10005d、通信ノード装置番号情報 4-10002a~10002d がクラス 4-10001a~10001d となって、前記中央制御装置から前記通信ノード装置へと送信される。

図4-20は本実施形態におけるトポロジ管理者端末 4-2609,7001 に備えられたブラウザ 4-7000 のインタフェース構成を示す図である。図4-20に示すように、前記インタフェースにはトポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001、新トポロジ種別入力部 4-11007.1、トポロジ変更時刻入力部 4-11003、トポロジ変更時刻表示部 4-11004、現在時刻表示部 4-11005、トポロジ変更予告メッセージ表示部 4-11006、トポロジ種別情報表示部 4-11007、トポロジ変更履歴情報表示部 4-11008、障害情報表示部 4-11009 を備えている。

トポロジ変更の際には、トポロジ管理者となる人間がトポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 上に表示されている通信ノード装置を指定し、新たな波長パスを構成する場合は2つの通信ノード装置を指定することによって実施される。実施後においては前記中央制御装置 4-6000 に配置されたトポロジ制御エージェント 4-6005 がトポロジ波長対応データベース 4-6006 を用いて波長可変光源番号、波長可変フィルタ番号を演算し、波長リンクでの波長番号をハイパーテキストトランスポートプロトコル (HTTP) サーバ 4-6007 をゲートウェイとして送信する。

トポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 上に表示されている全ての通信ノード装置に対して、新たなトポロジに変更する場合には、新トポロジ種別入力部 4-11007.1 において、新たなトポロジを指定することによって実施される。実施後においては前記中央制御装置 4-6000 に配置されたトポロジ制御エージェント 4-6005 がトポロジ波長対応データベース 4-6006 を用いて波長可変光源番号、波長可変フィルタ番号を演算し、波長リンクでの波長番号をハイパーテキストトランスポートプロトコル (HTTP) サーバ 4-6007 をゲートウェイとして送信する。

先の演算で得られた新たな波長リンクに関する情報はトポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 に表示される通信ノード装置を指定することによって波長資源情報表示部 4-11002 が浮かび上がり、当該波長資源情報表示部 4-11002 に前記波長可変光源番号、波長可変フィルタ番号ならびに、波長リンクでの波長番号が表示され、トポロジ管理者となる人間へのインタフェースを幾何学的な操作でとどめることを可能とし、トポロジ変更の際での負担軽減を実現している。

#### [第36実施形態]

図4-21乃至図4-25は、本発明の第36実施形態における光通信ネットワークシステムの構成を示す図である。本実施形態は第35実施形態において、通信ノード装置管理者となる人間が主体的にトポロジ変更を実施可能とさせており、通信ノード装置 4-2501~2504 の全てに通信ノード装置管理者インタフェース 4-2701~2704、ならびに、それに接続される通信ノード装置管理者端末 4-2705~2708 が備えられる。これにより、中央制御装置 4-301 のみ或いは中央制御装置 4-301 と任意の通信ノード装置 4-2501~2504 によってトポロジ変更制御装置を構成することができる。また、中央制御装置 4-301 においては、

通信ノード装置管理者がトポロジ変更を実施するに当たって認証作業を実施するための認証制御部 4-2610、認証データベース 4-2611 が備えられている。

図 4-26 及び図 4-27 は先の図 4-21 乃至図 4-25 で記載した中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 と通信ノード装置制御部 4-1101~1104 に配置された時刻制御部 4-2101~2104 との間での時刻情報に関する制御信号の送受信、ならびに、その処理の流れを示した図である。前記通信ノード装置 4-2501~2504 に配置された波長可変送受信部 4-1106 に含まれる波長可変光源 4-1304~1306 及び波長可変フィルタ 4-1404~1406 を制御するに当たり、波長の変更が生じた際にその都度中央制御装置 4-301 と制御情報を送受信する方式では、通信ノード装置 4-2501~2504 の数が増大した場合、制御情報も同時に増加してしまい中央制御装置 4-301 への負荷が増大する。

そこで、本光通信ネットワークシステムでは後述するように波長変更に関わる情報と変更時刻を制御信号に乗せてあらかじめ通信ノード装置制御部 4-1102 に送り、変更時刻に達したときに通信ノード装置制御部 1102 が自律的に波長変更を波長可変光源 4-1304~1306 ならびに波長可変フィルタ 4-1404~1406 に対して実施する。

これを実現するに当たっては、中央制御装置 4-301 に配置されたシステムクロック 4-2603 と通信ノード装置制御部 4-1102 に配置されたシステムクロック 4-2402 との同期が必要であるが、本光通信ネットワークシステムでは中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 を時刻配信サーバ、ならびに、通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 を時刻クライアントとして配置させている。

まずはじめに、中央制御部 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 がシステムクロック 4-2603 から時刻を与えられる(4-3001、3001s)。通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 は中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 に時刻問合せ信号(4-3002a,3004a,3006a)を前記制御信号に乗せて送信し、時刻制御部 4-2602 が時刻情報信号(4-3002b,3004b,3006b, 4-3002s,3004s,3006s)を時刻制御部 4-2102 に送信する。

時刻制御部 4-2102 はランダムに時刻問合せ信号を時刻制御部 4-2602 に送信すると共にその返答として時刻情報を受け取り(4-3002s,3004s,3006s)、中央制御装置 4-301 への処理に係わる負荷を低減させている。時刻制御部 4-2302 で受け取った前記時刻情報を基にシステムクロック 4-2402 に時刻を与え(4-3003,3005,3007、4-3003s,3005s,3007s)、その結果として中央制御装置 4-301 に配置されたシステムクロック 4-2603 と通信ノード装置制御部 4-1102 に配置されたシステムクロック 4-2402 が同期することになる。

なお、本実施形態では中央制御装置 4-301 に配置された時刻制御部 4-2602 が時刻配信サーバとされると共に、通信ノード装置制御部 4-1102 に配置された時刻制御部 4-2102 が時刻問合せ・受信クライアントとされ説明されているが、時刻制御部 4-2602 が時刻配信サーバである必然性は無く、時刻制御部 4-2602 及び時刻制御部 4-2102 のうちのいずれか 1 つが時刻配信サーバになればよい。また、時刻制御情報を乗せた制御信号としてネットワークタイムプロトコル (NTP) が適用可能であるが、これに限る必要は無くシンプルネッ



トワークタイムプロトコル (SNTP) あるいは独自の時刻制御信号でも良い。

図4-28は通信ノード装置 4-2501~2504 に備えられた通信ノード装置管理者端末 4-2705~2708 と認証制御部 4-2610 との間で行う認証メッセージの流れ、および認証制御部 4-2610 と認証データベース 2611 との間でのセッションの流れを示した図である。本図で示される認証メッセージは認証プロトコル (Lightweight Directory Access Protocol: LDAP) によってLDAPサーバとして機能する管理者認証制御部 4-2610 へと渡される。

管理者認証制御部 4-2610 は、通信ノード装置管理者の認証に必要な情報を格納するデータベース 4-2611 に問合せセッション 4-12001、12002 を実施し、トポロジ変更有無の権限を判定し、通信ノード装置管理者端末 4-2705~2708 へとその結果を返す。なお、本実施形態での認証を実行する上では前記LDAPを使用しているがこれに限る必然性は無く、認証データベース 4-2611 を認証制御部 4-2610 に含め、認証制御部 4-2610 と通信ノード装置管理者端末 4-2705~2708 まで平文パスワードによる Plain Text パスワード認証でも実施可能である。

図4-29乃至図4-31は通信ノード装置 4-2501~2504 が備える通信ノード装置制御部 4-1101~1104 に配置されたメモリ要素部 4-2301~2304 に保持された後述するトポロジ制御エージェントの動作を表すコンピュータ処理のフローチャートを示している。本実施形態では、任意の通信ノード装置 4-2501~2504 の通信ノード装置管理者となる人間からの操作によってトポロジ変更を可能としているため、異なる通信ノード装置 4-2501~2504 からのトポロジ変更が同時に中央制御装置 4-301 に届いた場合、その競合制御が必要となる。この制御を実現するため本実施形態では通信ノード装置 4-2501~2504 の状態を3ビットで定義し、当該ビット情報の比較を中央制御装置 4-301 にて実施することにより実現している。尚、中央制御装置 4-301 との時刻同期処理 (S n 1) と波長資源情報送信処理 (S 2 n) は第35実施形態と同様に行う。

また、特定の通信ノード装置 4-2502 (ここでは通信ノード装置 2502 とするが、任意の通信ノード装置で実施可能である) の通信ノード装置管理者となる人間がトポロジ変更を実施する際には、図4-29乃至図4-31に示されたステップS 2 0 nにおいて初期化された状態ビット「0 0 0」を、ステップS 2 3 nにおいてトポロジ変更予約状態ビット「0 0 1」に変更し、引き続きステップS 2 4 nによって前記状態ビット「0 0 1」を中央制御装置 4-301 ならびにその他の通信ノード装置 4-2501,2503,2504 に送信し、さらに、他の通信ノード装置 4-2501,2503,2504 の状態ビットにおいて「0 0 1」の重複の有無の確認をステップS 2 5 cにて実施させ、他の通信ノード装置の通信ノード装置管理者となる人間からのトポロジ変更実施と競合しないための制御を行っている。

前記ステップS 2 5 nにおいて競合無しの「Y e s」と判断された後に初めて通信ノード装置 2502において新たなトポロジの構成に必要な通信ノード装置間のパス変更や新規のパス入力、あるいは、全ての通信ノード装置に対する新たなトポロジ種別の入力がステップS 2 6 nで可能となる。

前記ステップS 2 6 nではパス入力後においてパス入力情報が中央制御装置 4-301 に届けられると同時に、その後のステップS 2 7 nにおいて変更パスあるいは新規のパスに必要な波長資源の有無が中央制御装置 4-301 にて確認され、波長資源の確認において問題が無かったとき、ステップS 2 8 nにおいて前記通信ノード装置にてトポロジ変更時刻の入力が可能となる。このとき、ステップS 2 9 nにおいてその他の通信ノード装置 4-2501,2503,2504 に「トポロジ変更確認」メッセージが送信される。これは、トポロジ変更を要請した通信ノード 4-2502 によるその他の通信ノード装置 4-2501,2503,2504 に対するトポロジの変更防止を強制的に行うことを目的としており、トポロジ変更拒否を後に述べるフローチャートで実施する。

先に述べた一連のフロー後は中央制御装置 4-301 から通信ノード装置 4-2501~2504 にメッセージが届くが、その内容の判断をステップS 3 4 n, S 3 5 nにて実施し、通信ノード装置 4-2501~2504 が中央制御装置 4-301 からの「波長変更情報・変更時刻クラス」送信であると判断した場合は通信ノード装置制御部 4-1102 が自らの状態ビットの正当性をステップS 4 3 nにて確認し、「Y e s」である場合には、前記通信ノード装置状態ビットをステップS 4 4 nにて「1 0 0」へと遷移させ、ステップS 4 5 nによって前記状態ビットを中央制御装置 4-301 に送信させ、波長変更のためのステップS 4 6 nへと進む。

一方、通信ノード装置 4-2502 の通信ノード装置管理者となる人間によってトポロジ変更が実施される際において、当該通信ノード装置 4-2502 と接続性を持つその他の通信ノード 4-2501,2503,2504 が強制的にトポロジ変更されてしまうのは、ネットワークの実際の運用において好ましいとはいえない。したがって、他の通信ノード 4-2501,2503,2504 におけるトポロジ変更の許諾あるいは拒否を判断する処理の実施が必要となる。トポロジ変更を要請した通信ノード 4-2502 から「トポロジ変更予告メッセージ」M 2を受信した場合にはステップS 3 5 nにて受信内容が判断され、引き続き他の通信ノード 4-2501,2503,2504 からのトポロジ変更の了承をステップS 3 7 nにおいて判断処理を行う。了承する場合には、通信ノード装置状態ビットをステップS 3 8 nにて「0 1 0」へと遷移させ、当該ビットをステップS 3 9 nにて中央制御装置 4-301 へと送信し、引き続き中央制御装置 4-301 からの信号を待つ。引き続き待機中において新たに信号を受信し、当該信号が中央制御装置 4-301 からの波長変更情報・変更時刻クラスであるとステップS 3 5 nにて判断処理されて以降は、状態ビットを通信ノード装置制御部 1102 が自らの状態ビットの正当性をステップS 4 3 nにて確認し、「Y e s」である場合には、前記通信ノード装置状態ビットをステップS 4 4 nにて「1 0 0」へと遷移させ、続いてステップS 4 5 nによって前記状態ビットを中央制御装置 4-301 に送信させ、波長変更のためのステップS 4 6 nへと進む。逆に、他の通信ノード装置 4-2501,2503,2504 からのトポロジ変更を拒否するとステップS 3 7 nにおいて判断した場合は、ステップS 4 0 nにおいて状態ビットを「0 1 1」に遷移させ、引き続きステップS 4 1 nにおいて当該状態ビットを中央制御装置 4-301 へ送信すると共にトポロジ変更要請を行った通信ノードへと送信する。

ステップ S 4 6 n に進んで以降は、図 4-3 2 に示したステップ S 4 8 n ~ S 5 5 n の一連の処理を通信ノード装置制御部 4-1102 において実施する。即ち、ステップ S 4 8 n ~ S 5 5 n において、通信ノード装置制御部 4-1102 は、波長可変光源出力停止処理、波長データ読み込み処理、波長可変光源波長変更処理、波長可変フィルタ波長変更処理、波長可変光源出力開始処理、状態監視処理、状態ビット変更処理、状態ビット送信処理を実施する。ただし、通信ノード装置の状態をビットで管理するため、第 3 5 実施形態の場合と異なり、波長変更が完了し波長パスが形成された際には状態ビットを「1 0 1」へとステップ S 5 4 n にて実施し、続いて当該ビットをステップ S 5 5 n によって中央制御装置 4-301 に送信する。

図 4-3 3 は前記通信ノード装置の状態ビット 4-12001 とそれに対応する通信ノード装置状態 4-12002 を表記した表 4-12000 を示す図である。3 ビットで表現される状態ビット 4-12001 は 6 種類となり、任意の通信ノード装置 4-2501 ~ 2504 からのトポロジ変更要請時におけるトポロジ変更競合制御を状態ビット 4-12001 を使用して実施する。本実施形態では、状態ビット 4-12001 が「0 0 0」のとき通信ノード装置状態 4-12002 が「初期状態」であり、状態ビット 4-12001 が「0 0 1」、「0 1 0」、「0 1 1」、「1 0 0」、「1 0 1」のときの通信ノード装置状態 4-12002 はそれぞれ、「トポロジ変更予約状態」、「他の通信ノード装置からのトポロジ変更要請受付完了状態」、「他の通信ノード装置からのトポロジ変更要請拒否状態」、「波長、変更時刻クラス受信完了状態」、「新波長への変更完了状態」である。

図 4-3 4 は本実施形態における通信ノード装置 4-2501 ~ 2504、ならびに中央制御装置 4-301 での各要素の配置ならびに物理的な接続状態を示す図である。図 4-3 4 においては、通信ノード装置 4-2501 ~ 2504 を符号 4-5000 で表し、中央制御装置 4-301 を符号 4-6000 で表している。

通信ノード装置 4-5000 には通信ノード装置管理者インタフェース (I/F) 4-5018 が備えられ、通信ノード装置管理者端末 4-5019 と接続される。通信ノード装置管理者端末 4-5019 にはブラウザ 4-5020 が備えられ、通信ノード装置管理者となる人間によるトポロジ変更操作をブラウザ 4-5020 で実施可能となる。

さらに、通信ノード装置 4-5000 に備えられるメモリ要素部 4-5007 はトポロジ変更の際に中央制御装置 4-6000 から送信されるクラス 4-4000 を解釈し波長制御部 4-5004 に波長変更を指示すると共に監視制御部 4-5005 で得られる情報を解釈して中央制御装置 4-6000 に送信するトポロジ制御エージェント 4-5008 を備え、またさらに、波長可変送受信部 4-5001 に配置される波長可変光源、波長可変フィルタそれぞれの出力可能な波長範囲ならびに受信可能な波長範囲を記録する設定波長データベース 4-5009 を備えている。

また、通信ノード装置 4-5000 は、時刻制御部 4-5002、システムクロック 4-5003、波長制御部 4-5004、監視制御部 4-5005、そして制御信号入出力ポート 4-5016 を備え、これらのそれぞれが中央演算部 (CPU) 4-5006 と接続されている (4-5010, 5013, 5014, 5015)。波

長可変送受信部 4-5001 は波長制御部 4-5004 ならびに監視制御部 4-5005 と直接接続され、中央演算部 (CPU) 4-5006 を介さずにハードウェア制御が可能となる。同様に、システムクロック 4-5003 は時刻制御部 4-5002 と直接接続され中央演算部 (CPU) 4-5006 を介さずにハードウェア制御が可能となる。

中央制御装置 4-6000 は図 4-1 を参照して前述した様にメモリ要素部 4-6004 と、時刻制御部 4-6001、認証制御部 4-6019、認証データベース 4-6020、障害記録データベース 4-6008、波長資源データベース 4-6009、ならびに、制御信号入出力ポート 4-6017、表示制御部 4-6018 を備え、これらのそれぞれは中央演算部 (CPU) 4-6003 と接続されている(4-6010～6016,6021,6022)。

メモリ要素部 4-6004 は、トポロジ制御エージェント 4-6005 と、トポロジ・波長対応データベース 4-6006、ならびにハイパーテキストトランスファープロトコル (HTTP) サーバ 4-6007 を備えている。

トポロジ制御エージェント 4-6005 は表示制御部 4-6018 あるいは制御信号入出力ポート 4-6017 を通して送られてくるトポロジ変更情報に従って波長パス変更を必要とする通信ノード装置を特定すると同時に、トポロジ・波長対応データベース 4-6006 から変更後の波長を読み出し、また同時にトポロジ管理者 I/F 4-6017 あるいは制御信号入出力ポート 4-6017 を通して送られてくるトポロジ変更時刻情報と合わせてクラス 4-4000 を形成する。さらに、通信ノード装置 4-5000 から送られてくる波長可変送受信部 4-5001 が複数備える波長可変光源及び波長可変フィルタのそれぞれにおける送信可能波長範囲と受信可能波長範囲に関する情報を読み取り、中央演算部 (CPU) 4-6003 を使用して当該情報をデータベース情報を生成し、波長資源データベース 4-6009 に記録する。

また、通信ノード装置 4-5000 から送信される障害情報をトポロジ制御エージェント 4-6005 が読み取り、中央演算部 4-6003 を使用して、当該情報をデータベース情報として障害記録データベース 4-6008 に記録する。なお、通信ノード装置管理者端末 4-5019 を通信ノード装置管理者となる人間によるトポロジ変更操作を実施する前に、通信ノード装置管理者端末 4-5019 に備えたブラウザ 4-5020 を通じて認証制御部 4-6019 にアクセスさせ、認証データベース 4-6020 に通信ノード装置管理者の氏名、パスワードの整合を実施させ、通信ノード装置管理者の認証を実施している。

表示制御部 4-6018 はトポロジ管理者端末 4-7001 と接続し、トポロジ管理者となる人間がトポロジ管理者端末 4-7001 に備えられたブラウザ 4-7000 を操作することによって、トポロジ変更情報を中央制御装置 4-6000 に送信する。

なお、本実施形態では通信ノード装置 4-5000 に配置された監視制御部 4-5005、波長制御部 4-5004、時刻制御部 4-5002 がメモリ要素部 4-5007 と独立に配置されているがこれに限ることは無く、これらがメモリ要素部 4-5007 に配置されていても本質的に差異は無い。また同様に、中央制御装置 4-6000 に配置された時刻制御部 4-6001、認証制御部 4-6019、認証データベース 4-6020、障害記録データベース 4-6008、波長資源データベース 4-6009 が

メモリ要素部 4-6004 と独立に配置されているがこれに限ることは無く、これらがメモリ要素部 4-6004 に配置されていても本質的に差異は無い。

図 4-35 は本実施形態での通信ノード装置 4-5000、通信ノード装置管理者端末 4-5019、中央制御装置 4-6000 ならびにトポロジ管理者端末 4-7001 が備える各要素の論理的な接続配置を示した図である。中央制御装置 4-6000 が備えるトポロジ制御エージェント 4-6005 ならびに通信ノード装置 4-5000 が備えるトポロジ制御エージェント 4-5008 は制御信号入出力ポート 4-6017 ならびに制御信号入出力ポート 4-5016 を介して制御信号によって論理的に直接接続される。

また、中央制御装置 4-6000 が接続するトポロジ管理者 (I/F) 4-6017 はハイパーテキストトランスファープロトコル (HTTP) サーバ 4-6007 とトポロジ管理者端末 4-7001 が備える前記ブラウザ 4-7000 を論理的に接続させている。

さらに、通信ノード装置 4-5000 が接続する通信ノード装置管理者端末 4-5019 が備えるブラウザ 4-5020 は通信ノード装置管理者インタフェース (I/F) 4-5018、トポロジ制御エージェント 4-5008、制御信号入出力ポート 4-5016、ならびに制御信号入出力ポート 4-6017 を通じてハイパーテキストトランスファープロトコル (HTTP) サーバ 4-6007 と接続している。

HTTP サーバ 4-6007 はトポロジ管理者端末 4-7001 を操作する人間および通信ノード装置管理者端末 4-5019 を操作する人間には本光通信ネットワークシステムを制御するに当たってのゲートウェイとして働く。なお、本実施形態では当該ゲートウェイ機能を持たせるに当たって HTTP サーバ 4-6007 ならびに、トポロジ管理者端末 4-7001 を操作する人間に与えるインタフェースとしてブラウザ 4-7000 を適用しているが、本プロトコルを使用した形態で適用させる必然性は無く、インターネットエンジニアリングタスクフォース (IETF) で標準化された Simple Network Management Protocol (SNMP) や独自のプロトコルを使用したゲートウェイ機能を有する SNMP マネージャや独自プロトコルサーバを中央制御装置 4-6000 に備えても良く、同様に、前記 SNMP マネージャや独自プロトコルサーバに合わせてトポロジ管理者端末 4-7001 にブラウザ 4-7000 ではなく独自のインタフェースを備えても良い。

図 4-36 は本実施形態における通信ノード装置管理者端末 4-2705~2708, 5019 に備えられたブラウザ 4-5020 のインタフェース構成である。前記インタフェースにはトポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001、新トポロジ種別入力部 4-11007.1、トポロジ変更時刻入力部 4-11003、トポロジ変更時刻表示部 4-11004、現在時刻表示部 4-11005、トポロジ変更予告メッセージ表示部 4-11006、トポロジ種別情報表示部 4-11007、トポロジ変更履歴情報表示部 4-1108、障害情報表示部 4-11009、ならびに、トポロジ変更要請許可・拒否入力部 4-11010、通信ノード装置状態表示部 4-11011 を備えている。

トポロジ変更の際には、通信ノード装置管理者となる人間の操作によってトポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 上に表示されている通信ノード装置の指定を行い、さらに、

新たな波長パスを構成する場合は2つの通信ノード装置の指定を行い、その結果を中央制御装置 4-6000 に備えられたトポロジ制御エージェント 4-6005 に送信し、トポロジ制御エージェント 4-6005 はトポロジ波長対応データベース 4-6006 を用いて演算される必要となる波長可変光源番号と、波長可変フィルタ番号、ならびに、波長リンクでの波長番号を演算する。

トポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 上に表示されている全ての通信ノード装置に対して、新たなトポロジに変更する場合には、新トポロジ種別入力部 4-11007.1 において、新たなトポロジを指定することによって実施される。実施後においては前記中央制御装置 4-6000 に配置されたトポロジ制御エージェント 4-6005 がトポロジ波長対応データベース 4-6006 を用いて波長可変光源番号、波長可変フィルタ番号を演算する。

トポロジ変更の際して、変更対象となる通信ノード装置における波長資源が十分である場合は演算が可能であるため、演算が完了したメッセージとして通信ノード装置状態表示部 4-11011 に通信ノード装置状態ビット 4-12000 として「001」が送信され（図4-33）、「トポロジ変更予約状態」であることを通信ノード装置管理者となる人間に通知させる。続いて前記通信ノード装置管理者となる人間がトポロジ変更時刻入力部 4-11003 にトポロジ変更希望時刻を入力し、入力内容が中央制御装置 4-6000 に備えられたトポロジ制御エージェント 4-6005 に送信される。一方、他の通信ノード装置の通信ノード装置管理者となる人間によってトポロジ変更要請が発せられた場合は、トポロジ変更要請許可・拒否入力部 4-11010 においてその承諾の有無を入力することを本インターフェースにおいて可能としている。

なお、トポロジ表示部・トポロジ変更部 4-11001 に表示される通信ノード装置を指定することによって波長資源情報表示部 4-11002 が浮かび上がり、当該波長資源情報表示部 4-11002 に前記波長可変光源番号と、波長可変フィルタ番号、ならびに、波長リンクでの波長番号が表示され、トポロジ管理者となる人間へのインタフェースを幾何学的な操作でとどめることを可能とし、トポロジ変更の際での負担軽減を実現している。なお、トポロジ管理者端末 4-2609,7001 に備えられたブラウザ 4-7000 のインタフェース構成は本光通信ネットワークシステム全体を制御する端末となるため、図4-20と同等となる。

前述した第1及び第2実施形態における光通信ネットワークシステムによれば、通信ノード装置 4-2501～2504 に配置した波長可変光源 4-1304～1306 と、光スイッチあるいは波長可変フィルタ 4-1404～1406 によって信号光の経路をダイナミックに変更することにより通信相手となる通信ノード装置やトポロジをダイナミックに再構成することができるので、当該通信ノード装置 4-2501～2504 とアレイ導波路回折格子（AWG） 4-101 との間で主信号と制御信号とが同一光伝送路中を送受信可能なネットワークにおいてネットワークを一元管理する中央制御装置 4-301 あるいは通信ノード装置 4-2501～2504 からトポロジ変更を容易に行うことができる。

さらに、任意の通信ノード装置 4-2501～2504 からのトポロジ変更要請の競合制御を可能

とし、全ての通信ノード装置 4-2501～2504 の時刻同期によってスケジューリングされた指定時刻において高速にトポロジを変更することができる。

また、上記中央制御装置 4-301 及び通信ノード装置 4-2501～2504 を用いることにより上記の光通信ネットワークシステムを容易に構成することができる。

また、上記中央制御装置 4-301 及び通信ノード装置 4-2501～2504 のコンピュータプログラムを用いることにより、上記システムを容易に構成することができ、上記コンピュータプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体を作成することにより、上記コンピュータプログラムを容易に配布することができる。

尚、上記第 1 乃至第 36 実施形態は本発明の一具体例に過ぎず、本発明が上記実施形態に限定されることはない。

## 請求の範囲

1. N個(Nは2以上の整数)の入力ポートとN個の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子(AWG)を中心に、幾何学的にスター型となる物理的スタートポロジとなるようにM個(Mは2以上、N以下の整数)の通信ノード装置を光伝送路によって接続して構成された光通信ネットワークシステムであって、

前記通信ノード装置は、通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光(以下、「本信号光」という)の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるために、該本信号光の波長を切り替える波長切替手段を備える

ことを特徴とする光通信ネットワークシステム。

2. 前記通信ノード装置が少なくとも一つ以上の論理的ネットワークポロジに所属し、且つ、互いに独立の前記論理的ネットワークポロジを2つ以上構成している

ことを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

3. 前記波長切替手段は、所定の論理的ネットワークポロジに属する前記通信ノード装置を他の論理的ネットワークポロジに接続或いは移設するときに、本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

4. 2つ以上の通信ノード装置によって論理的ネットワークポロジを一つ構成し、

前記波長切替手段は、当該通信ノード装置のすべてが所定の時期に前記論理的ネットワークポロジと異なる新たな論理的ネットワークポロジを構成するように本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

5. 前記論理的ネットワークポロジが幾何学的にリング形状を有する論理的リングネットワークポロジ、あるいは、スター形状を有する論理的スターネットワークポロジ、あるいは、メッシュ形状を有する論理的メッシュネットワークポロジのうちの少なくとも何れかの1種類を構成しており、あるいは、それらが混在した論理的ネットワークポロジを構成している、

ことを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

6. 前記波長切替手段は、出力波長を変化することが可能な波長可変光源部、受信波長を選択可能な受信波長可変受信部から構成され、



前記波長可変光源部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が波長可変レーザと変調器を直列に接続あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらが $L \times 1$ 光カプラによって接続された構成を持つと共に、

前記受信波長可変受信部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が直列に接続された光受信器と所望の波長のみ透過する波長可変フィルタからなり、前記 $L$ 個の光素子が $L \times 1$ 光カプラに接続された構成を持つ

ことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

7. 前記波長切替手段は、出力波長を変化することが可能な波長可変光源部、受信波長を選択可能な受信波長可変受信部から構成され、

前記波長可変光源部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光素子が半導体レーザと変調器を直列に接続あるいは互いに集積させた素子構造、または直接変調可能な半導体レーザからなり、これらの光素子が直列接続された $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 合波器に対して直列に接続された構成を持つと共に、

前記受信波長可変受信部は、そこに導入される $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の光受信器が $L \times N$ スイッチと $N \times 1$ 合波器に対して直列に接続された構成を持つ

ことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

8. 前記通信ノード装置は、

通信端末装置と接続可能な $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の通信端末光入出力ポートを持ち、該通信端末光入出力ポートは通信端末光入力ポートと通信端末光出力ポートから構成され、

該 $L$ 個の通信端末光入力ポートからの信号光を電気信号に変換する $L$ 個の光電気変換器を有し相互が接続され、該 $L$ 個の光電気変換器からの出力電気信号が前記波長可変光源部に入力されるように接続され、

前記受信波長可変受信部を構成する $L$ 個の受信機からの出力電気信号を光信号に変換する電気光変換器を有すると共に、変換された該光信号を該 $L$ 個の通信端末光出力ポートから出力されるように、光ファイバなどの光導波路によって接続された構成を持つ

ことを特徴とする請求項6または請求項7に記載の光通信ネットワークシステム。

9. 前記通信ノード装置は、

通信端末装置と接続可能な $L$ 個（ $L$ は2以上 $M$ 以下の整数）の通信端末光入出力ポートを持ち、該通信端末光入出力ポートは通信端末光入力ポートと通信端末光出力ポートから

構成され、

該 $L$ 個の通信端末光入力ポートは光信号を電気信号に変換する $L$ 個の光電気変換器、 $2L \times 2L$ スイッチに直列に接続され、該 $L$ 個の通信端末光出力ポートは電気信号を光信号に変換する $L$ 個の電気光変換器、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチに直列に接続され、さらに、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチと前記波長可変光源部、および受信波長可変受信部が接続され、前記 $2L \times 2L$ 電気スイッチでの所定の動作によって、前記アレイ導波路回折格子(AWG)から前記通信ノード装置に届く信号光を、前記通信ノード装置と物理的に接続された通信ノード端末に送ることなく前記通信ノード装置において波長変換を行って前記アレイ導波路回折格子(AWG)へと再度送信する

ことを特徴とする請求項6または請求項7に記載の光通信ネットワークシステム。

10. 前記各通信ノード装置と前記アレイ導波路回折格子は入力信号と出力信号の方路を変更するサーキュレータをそれぞれ備え、

前記通信ノード装置に備えられるサーキュレータの入出力ポートを前記受信波長可変受信部、前記波長可変光源部に光ファイバなどの光導波路によってそれぞれ接続し、

前記アレイ導波路回折格子(AWG)に備えられるサーキュレータの入出力ポートを、AWGの出力ポート、入力ポートにそれぞれ接続し、

前記通信ノード装置、前記AWGに備えられるサーキュレータの共通ポートのそれぞれを一心の光ファイバなどの光導波路によって接続することによって、

各通信ノード装置とAWGがそれぞれ一心の光ファイバなどの光導波路で接続されている、

ことを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

11. 前記アレイ導波路回折格子(AWG)が、波長周回性を有する

ことを特徴とする請求項1乃至請求項10のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

12. 前記通信ノード装置は前記アレイ導波路回折格子(AWG)に接続された異なる2つの波長パスを有し、通信ノード装置を2個以上含む前記論理的ネットワークトポロジとして論理的リングネットワークトポロジが形成されている

ことを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

13. 前記論理的リングネットワークトポロジを構成する前記通信ノード装置のそれぞれが逆方向通信が可能な2つの通信経路を有し、

前記波長切替手段は、一方の通信経路が切断された場合に、他方の通信経路から入力して前記一方の通信経路へ出力する信号光を、前記他方の通信経路に折り返して送信できるように新たな論理的リングネットワークポロジを構成するように本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光通信ネットワークシステム。

1 4. 前記論理的リングネットワークポロジに属する通信ノード装置のそれぞれが逆方向通信が可能な 2 つの通信経路を有し、

前記波長切替手段は、一方の通信経路を用いて通信を行う通信ノード装置との通信が不能になった場合に、該通信不能になった通信ノード装置を回避して任意の通信ノード装置と通信できるように新たな論理リングネットワークポロジを構成するように本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光通信ネットワークシステム。

1 5. 中央制御装置を更に備え、

前記中央制御装置は、前記通信ノード装置に対して波長変更情報を含む制御信号を送信し、前記通信ノード装置から通信状態情報を含む制御信号を受信する制御手段を含み、

前記通信ノード装置の波長切替手段は、前記中央制御装置から受信した前記制御信号に基づいて本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

1 6. 前記各通信ノード装置で送受信される前記制御信号の波長が、前記本信号光の波長帯域と異なる波長に設定されており、

前記通信ノード装置は、前記本信号光と、前記制御信号の信号光とを合波する合波手段と、前記本信号光と前記制御信号の信号光とが合波された状態の信号光から本信号光と前記制御信号の信号光と分波する分波手段とを具備した WDM カプラを備え、

前記アレイ導波路回折格子 (AWG) は、前記中央制御装置からの制御信号の光信号をアレイ導波路回折格子 (AWG) から出力される本信号の信号光と合波する合波手段と、各通信ノードから送信されてくる前記本信号光と前記制御信号の信号光とが合波された状態の信号光から前記本信号光と前記制御信号の信号光と分波する分波手段を有する WDM カプラを備え、前記本信号光が使用する光伝送路が前記制御信号の光伝送路として共有されている

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の光通信ネットワークシステム。

1 7. 前記通信ノード装置と前記中央制御装置との間において、前記制御信号を前記主

信号光を伝送する通信経路と物理的に分離して伝送する

ことを特徴とする請求項 15 に記載の光通信ネットワークシステム。

18. 前記通信ノード装置は、

装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられ、波長のデータを保持するノードデータベースと、

前記本信号光の波長が切り替わった際に、前記ノードデータベースのデータを更新する手段とを更に有すると共に、

前記中央制御装置は、

装置内部あるいは装置外部のうちの少なくとも何れか一方に設けられ、全ての前記通信ノード装置における波長のデータを保持する中央データベースと、

前記通信ノード装置同士間での使用波長が変化した際に前記中央データベースのデータを更新する手段とを更に有する、

ことを特徴とする請求項 15 に記載の光通信ネットワークシステム。

19. 前記通信ノード装置は、前記ノードデータベースに使用可能波長帯域と、現在使用されている全ての波長、それぞれの波長における信号光の送信強度状態、受信強度状態、前記通信ノード装置同士間での接続状態、及び現在接続している論理トポロジのそれぞれの情報を保持し、前記中央制御装置の要求に応じて前記情報を前記中央制御装置に通知する手段を備えている

ことを特徴とする請求項 18 に記載の光通信ネットワークシステム。

20. 前記通信ノード装置は、それぞれの波長における信号光の送信強度状態と受信強度状態を常に監視すると共に、これらの状態に異常が発生したときにその異常を検出して前記中央制御装置に通報する手段を有し、

前記中央制御装置は、全ての前記通信ノード装置同士間の接続状態、前記波長可変光源装置でのそれぞれの波長における信号光の送信強度状態、受信強度状態の異常を検出して前記全ての通信ノード装置に異常情報を共有させる手段を備えている、

ことを特徴とする請求項 18 に記載の光通信ネットワークシステム。

21. 前記中央制御装置は、

通信ノード装置が現在接続している論理的ネットワークトポロジから別の異なる論理的ネットワークトポロジへの接続変更要求を含んだ制御信号を受信した際に、前記中央データベースに問い合わせして演算することにより適合するか否かの判定を行い、

前記判定の結果、適合する場合に、

前記論理トポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置の接続している論理的ネット

ワークトポロジ内の全ての前記通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の離脱及び波長再設定の通知を含んだ制御信号を送信すると共に、

前記論理的ネットワークトポロジ接続変更要求を発出した通信ノード装置の異動先となる論理トポロジ内の全ての通信ノード装置に対して、前記通信ノード装置の参加ならびに波長の再設定の通知を含んだ制御信号を送信する手段とを備えている

ことを特徴とする請求項 1 8 記載の光通信ネットワークシステム。

## 2 2. 前記中央制御装置は、

特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大しネットワーク負荷が発生し、前記通信ノード装置間での帯域増速の要求を含む制御信号を受信した場合、前記中央データベースに問い合わせる新たな波長パス形成のための演算することによって前記帯域増速が可能であるか否かの判定を行い、前記通信ノード装置がこれまで論理的に接続していなかった他の通信ノード装置を経由することによって構成される迂回波長パスを設定するための波長の再設定の通知を含む制御信号を、それぞれの通信ノード装置に送信して前記迂回波長パスの設定を実施する手段

或いは、

特定の通信ノード装置間でのトラフィック流量が増大しネットワーク負荷が発生し、前記通信ノード装置間での帯域増速の要求を含む制御信号を受信した場合、前記中央データベースに問い合わせる新たな波長パス形成のための演算することによって前記帯域増速が可能であるか否かの判定を行い、前記通信ノード装置が接続していない他の論理トポロジに接続された通信ノード装置の未使用波長を使用することによって迂回波長パスを新たに設けるための波長の再設定の通知を含む制御信号を、それぞれの通信ノード装置に送信して前記迂回波長パスの設定を実施する手段のうちの少なくとも何れか一方を備えた

ことを特徴とする請求項 1 8 に記載の光通信ネットワークシステム。

## 2 3. 前記通信ノード装置は、

各通信ノード装置の計時時刻を同期させる時刻同期手段と、

本信号光の新たな波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段とをさらに有し、

前記波長切替手段は、前記論理的ネットワークトポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 1 7 乃至請求項 2 2 のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

## 2 4. 前記中央制御装置は、

各前記通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を更に備えるとともに

に、

前記制御部は、各前記通信ノード装置の本信号光の新たな波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークポロジ変更時刻情報を生成するとともに、個別あるいは一斉に前記通信ノード装置に送信する手段を備え、

前記通信ノード装置は、

前記中央制御装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段と、

前記中央制御装置から送信された前記波長変更情報と前記論理的ネットワークポロジ変更時刻情報とを受信および記憶する情報記憶手段とを備え、

前記波長切替手段は、前記論理的ネットワークポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 17 乃至請求項 23 のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

25. 前記通信ノード装置のうち特定の通信ノード装置は、

他の通信ノード装置に対して時刻情報を配信する時刻情報配信手段を備え、

前記他の通信ノード装置は、

前記特定の通信ノード装置から配信された時刻情報に基づいて自己の計時時刻を補正する時刻補正手段を備え、

前記特定の通信ノード装置は、

前記通信ノード装置の本信号光の波長変更情報と、その波長変更を実行すべき時刻を含むネットワークポロジ変更時刻情報を生成、および前記通信ノード装置に個別あるいは一斉に送信する手段を備え、

前記他の通信ノード装置は、前記特定の通信ノード装置から受信した波長変更情報とネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段を備え、

前記他の通信ノード装置の波長切替手段は、前記ネットワークポロジ変更時刻情報と前記波長変更情報に基づいて、所定の時期に本信号光の波長を切り替える

ことを特徴とする請求項 17 乃至請求項 23 のいずれかに記載の光通信ネットワークシステム。

26.  $N$  個 ( $N$  は 2 以上の整数) の入力ポートと  $N$  個の出力ポートを有しそれぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を中心に、幾何学的にスター型となる物理的スターポロジとなるように光伝送路によって接続して構成された  $M$  個 ( $M$  は 2 以上、 $N$  以下の整数) の通信ノード装置と接続された中央制御装置であって、

前記中央制御装置は、前記通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光 (以下、「本

信号光」という)の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるために、前記通信ノード装置に対して該本信号光の波長変更情報を含む制御信号を送信して本信号光の波長を切り替えさせるとともに、前記通信ノード装置から通信状態情報を含む制御信号を受信する制御手段を含む

ことを特徴とする中央制御装置。

27. N個(Nは2以上の整数)の入力ポートとN個(Nは2以上の整数)の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子(AWG)を介して、M個(Mは1以上、N-1以下の整数)の他の通信ノード装置と接続された通信ノード装置であって、他の各通信ノード装置の計時時刻を同期させる時刻同期手段と、

他の通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光(以下、「本信号光」という)の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるための本信号光の新たな波長変更情報とその波長変更を実行すべき時刻を含む論理的ネットワークポロジ変更時刻情報とを記憶する情報記憶手段と、

前記波長変更情報と前記論理的ネットワークポロジ変更時刻に基づいて、本信号光の波長を切り替える波長切替手段とを備えた

ことを特徴とする通信ノード装置。

## 補正書の請求の範囲

[2004年8月2日(02.08.2004)国際事務局受理：出願当初の請求の範囲1は補正された；他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

1. (補正後)  $N$  個 ( $N$  は2以上の整数) の入力ポートと  $N$  個の出力ポートを有し、それぞれの入力ポートに入力された信号光の波長に基づいて所定の出力ポートに出力するルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子 (AWG) を中心に、幾何学的にスター型となる物理的スタートポロジとなるように入力ポートと出力ポートを一つずつ備えた  $M$  個 ( $M$  は2以上、 $N$  以下の整数) の通信ノード装置を、前記AWGの出力ポートと各前記通信ノード装置の入力ポート、前記AWGの入力ポートと各前記通信ノード装置の出力ポートを光伝送路によってそれぞれ接続して構成された光通信ネットワークシステムであって、前記通信ノード装置は波長可変光源部を備え、通信ノード装置間のデータ送受信に用いる信号光 (以下、「本信号光」という) の経路の幾何学的形状を表す論理的ネットワークポロジを動的に変化させるために、該本信号光の波長を切り替える波長切替手段を備えることを特徴とする光通信ネットワークシステム。
2. 前記通信ノード装置が少なくとも一つ以上の論理的ネットワークポロジに所属し、且つ、互いに独立の前記論理的ネットワークポロジを2つ以上構成していることを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。
3. 前記波長切替手段は、所定の論理的ネットワークポロジに属する前記通信ノード装置を他の論理的ネットワークポロジに接続或いは移設するときに、本信号光の波長を切り替えることを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。
4. 2つ以上の通信ノード装置によって論理的ネットワークポロジを一つ構成し、前記波長切替手段は、当該通信ノード装置のすべてが所定の時期に前記論理的ネットワークポロジと異なる新たな論理的ネットワークポロジを構成するように本信号光の波長を切り替えることを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。
5. 前記論理的ネットワークポロジが幾何学的にリング形状を有する論理的リングネットワークポロジ、あるいは、スター形状を有する論理的スターネットワークポロジ、あるいは、メッシュ形状を有する論理的メッシュネットワークポロジのうちの少なくとも何れかの1種類を構成しており、あるいは、それらが混在した論理的ネットワークポロジを構成している、ことを特徴とする請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。



6. 前記波長切替手段は、出力波長を変化することが可能な波長可変光源部、受信波長を選択可能な受信波長可変受信部から構成され、

## 第19条(1)の規定に基づく説明書

指摘された文献1, 2, 3では通信ノード装置と8 x 8-AWGを一本の光ファイバで接続しています。接続形態としては、当該光ファイバを前記AWGの8つの入力側ポートにそれぞれ接続させており、前記AWGの残る8つの出力側ポートは前記通信ノード装置と接続していません。

一方、本発明においては、AWGの入出力ポート数を文献記載の規模と同等にした場合、通信ノード装置の光入力ポート、光出力ポートを前記8 x 8-AWGの出力ポート、入力ポートに光ファイバで接続する形態となります。したがって、本発明では光ネットワーク構成そのものにおいて引用文献とは異なります。また、引用文献1, 2, 3では全ての通信ノード装置からの本信号光がループバックおよび波長変換機能を有する装置に到達し、光レイヤでの通信経路が与えられています。通信ノード装置の障害発生、あるいは、光ファイバ切断時においては、当該装置によって再構成された迂回路によってネットワークを維持できますが、当該装置において障害発生した場合には、全ての通信ノード装置間の通信が切断され、ネットワークが停止してしまいます。本発明では引用文献にあるような当該装置を使った光レイヤでの通信経路が存在しないため、障害発生する箇所は通信ノード装置、あるいは、光ファイバに限られます。これにより、ネットワークの信頼性が引用文献1, 2, 3よりも高いと考えられます。

従いまして、本請求項は新規性(N)、進歩性(I S)の観点で有効であると考えます。

なお、補正後の特許請求の範囲1中の「入力ポートと出力ポートを一つずつ備えた」及び「前記AWGの出力ポートと各前記通信ノード装置の入力ポート、前記AWGの入力ポートと各前記通信ノード装置の出力ポートを光伝送路によってそれぞれ接続して」は第1の実施形態及び図1-2に、補正の根拠を有する。「前記通信ノード装置は波長可変光源部を備え」は図2-2に、補正の根拠を有する。

図 1 - 1

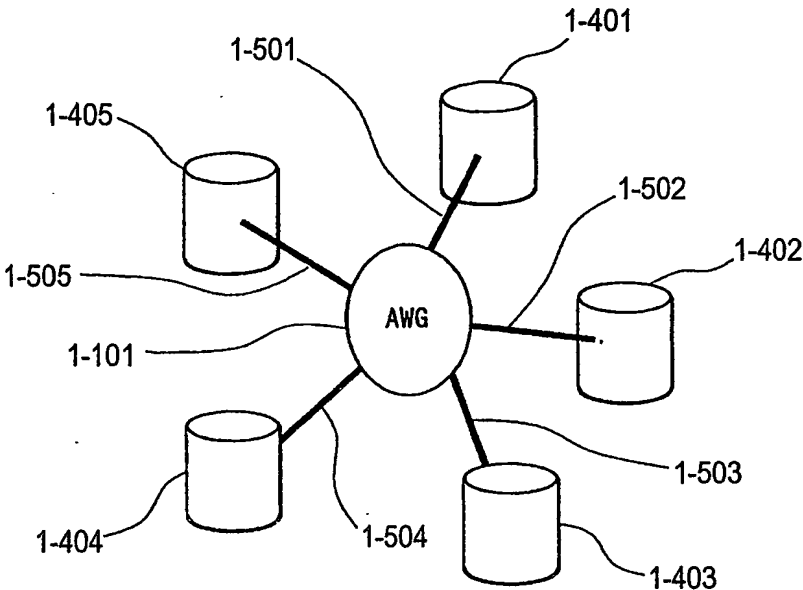
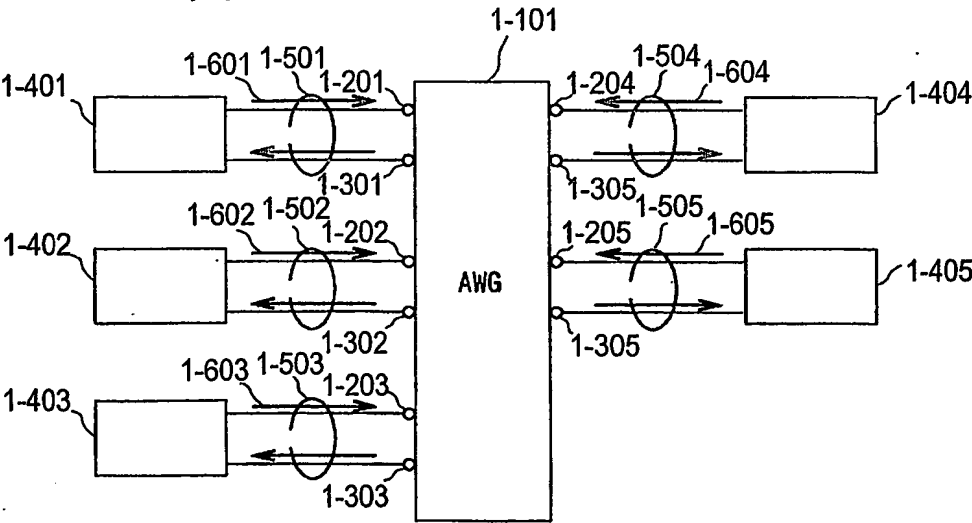


図 1 - 2



2/122

図 1 - 3

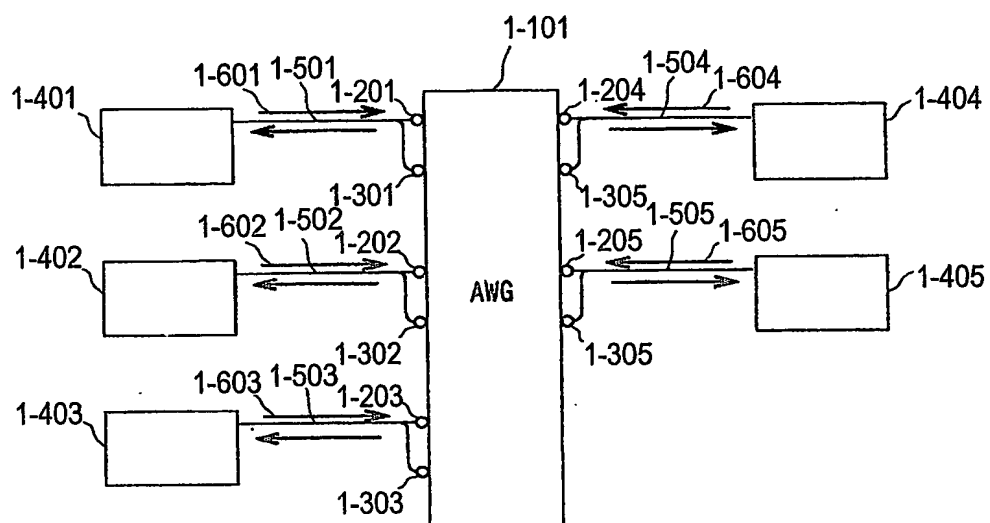
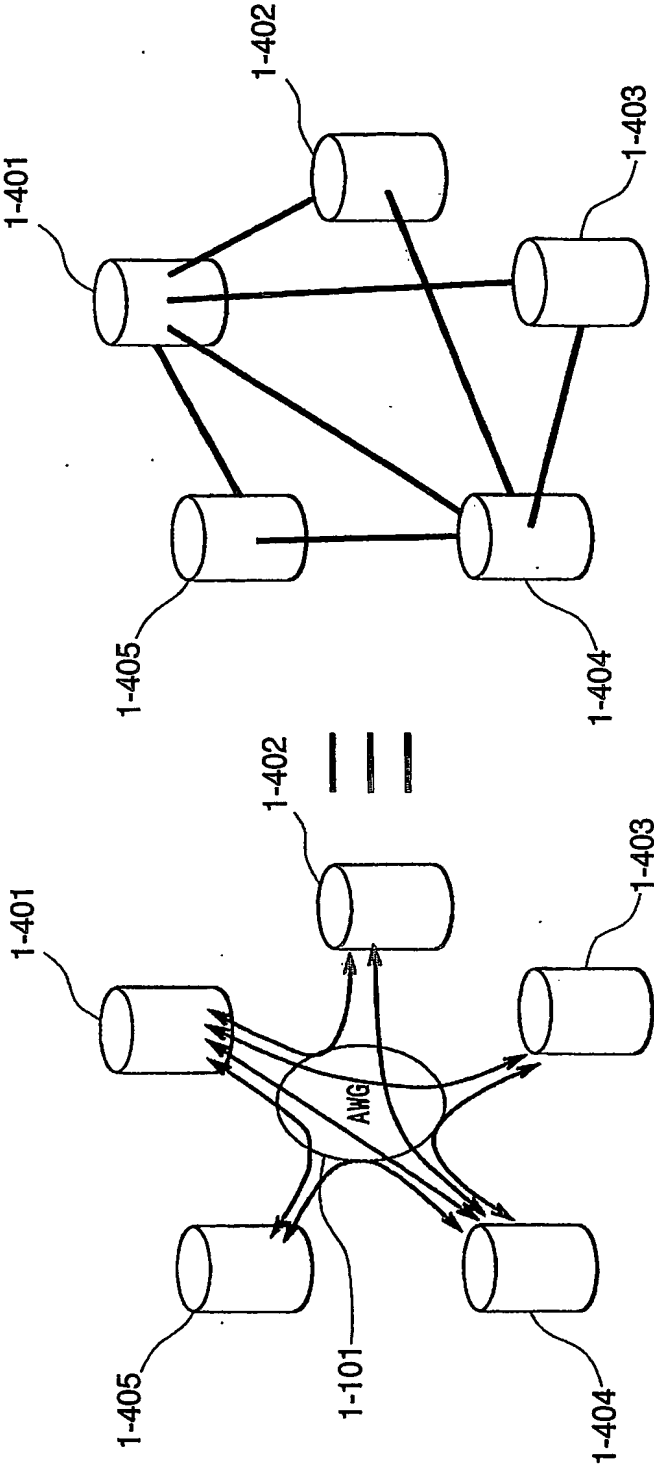


図 1-4



信号光の経路イメージ (波長パス)

信号光の経路の理論的ネットワークポロジ構成



5/122

図 1 - 6

		出力ポート				
		1-301	1-302	1-303	1-304	1-305
入力ポート	1-201	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$
	1-202	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
	1-203	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
	1-204	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
	1-205	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$

論理的スター（メッシュ）ネットワークトポロジ

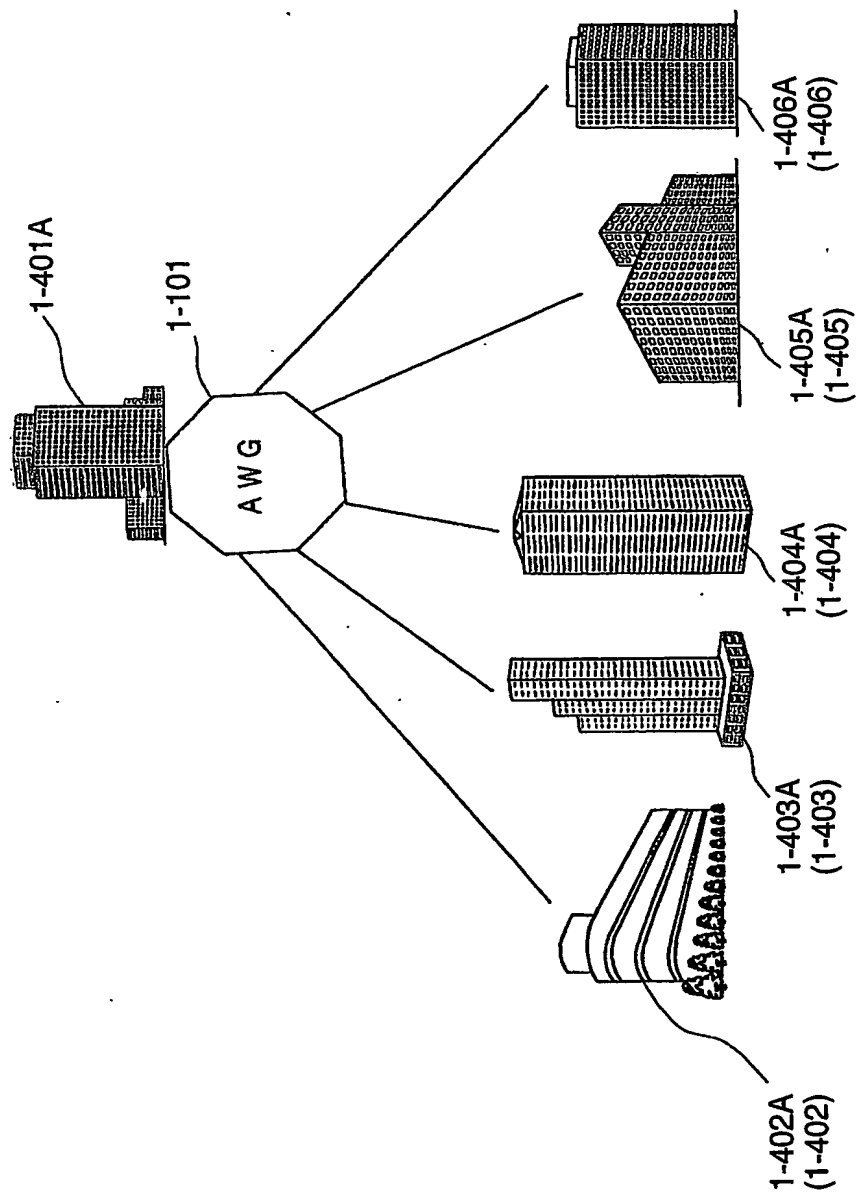
図 1 - 7

		出力ポート				
		1-301	1-302	1-303	1-304	1-305
入力ポート	1-201	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$
	1-202	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
	1-203	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
	1-204	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
	1-205	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_1$

論理的リングネットワークトポロジ

6/122

図 1-8





7/122

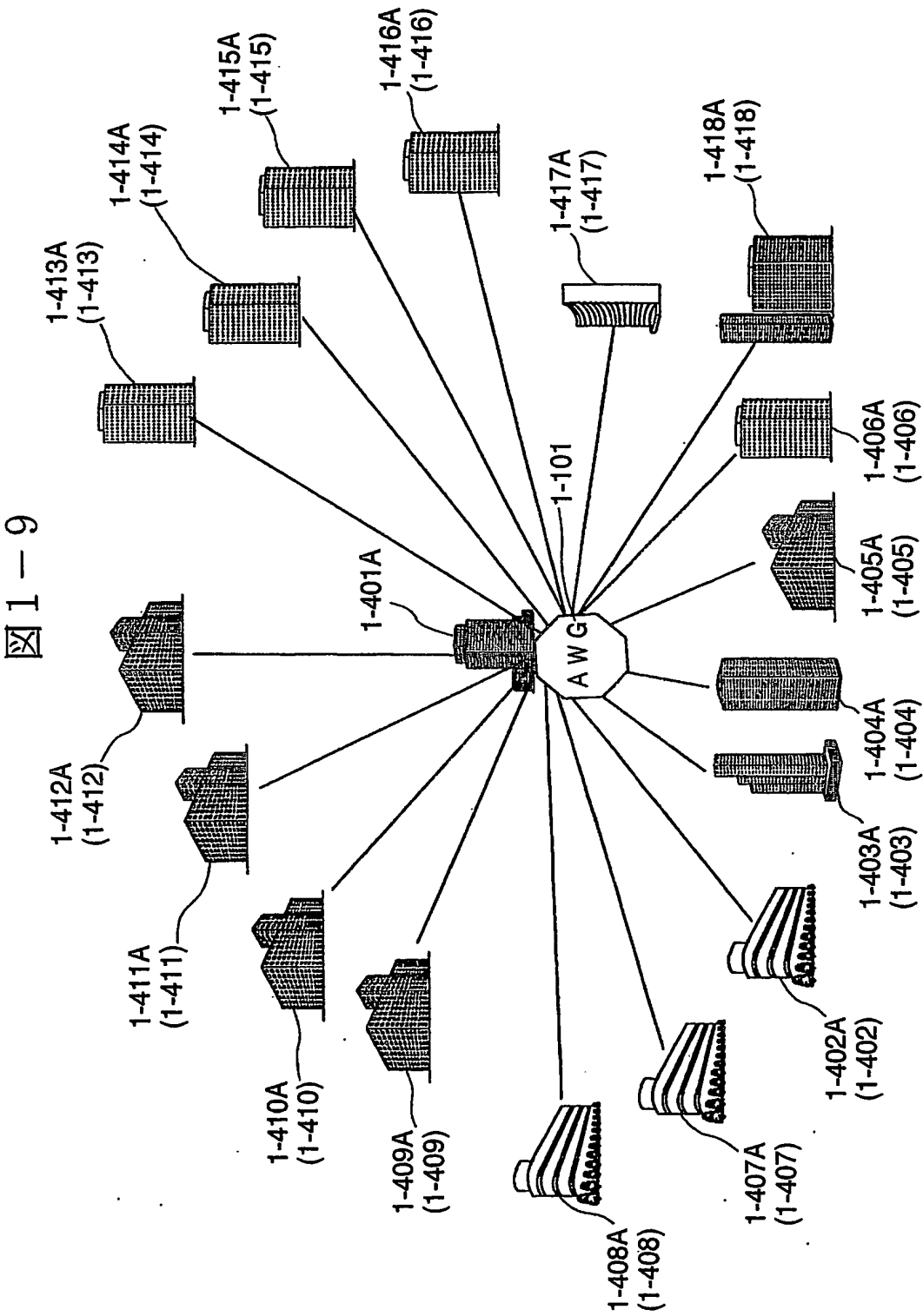
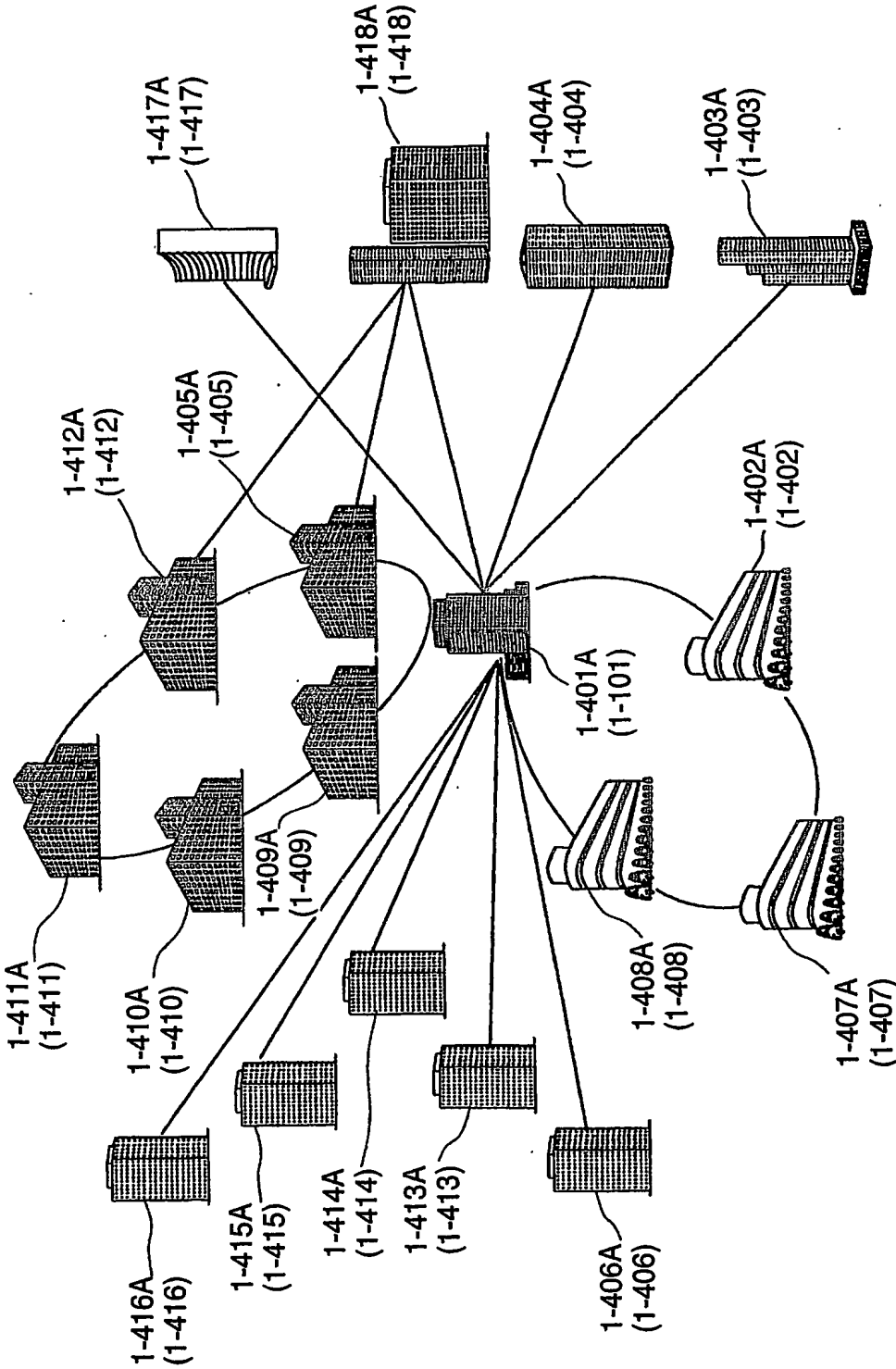


図 1-10



9/122

図 1-11

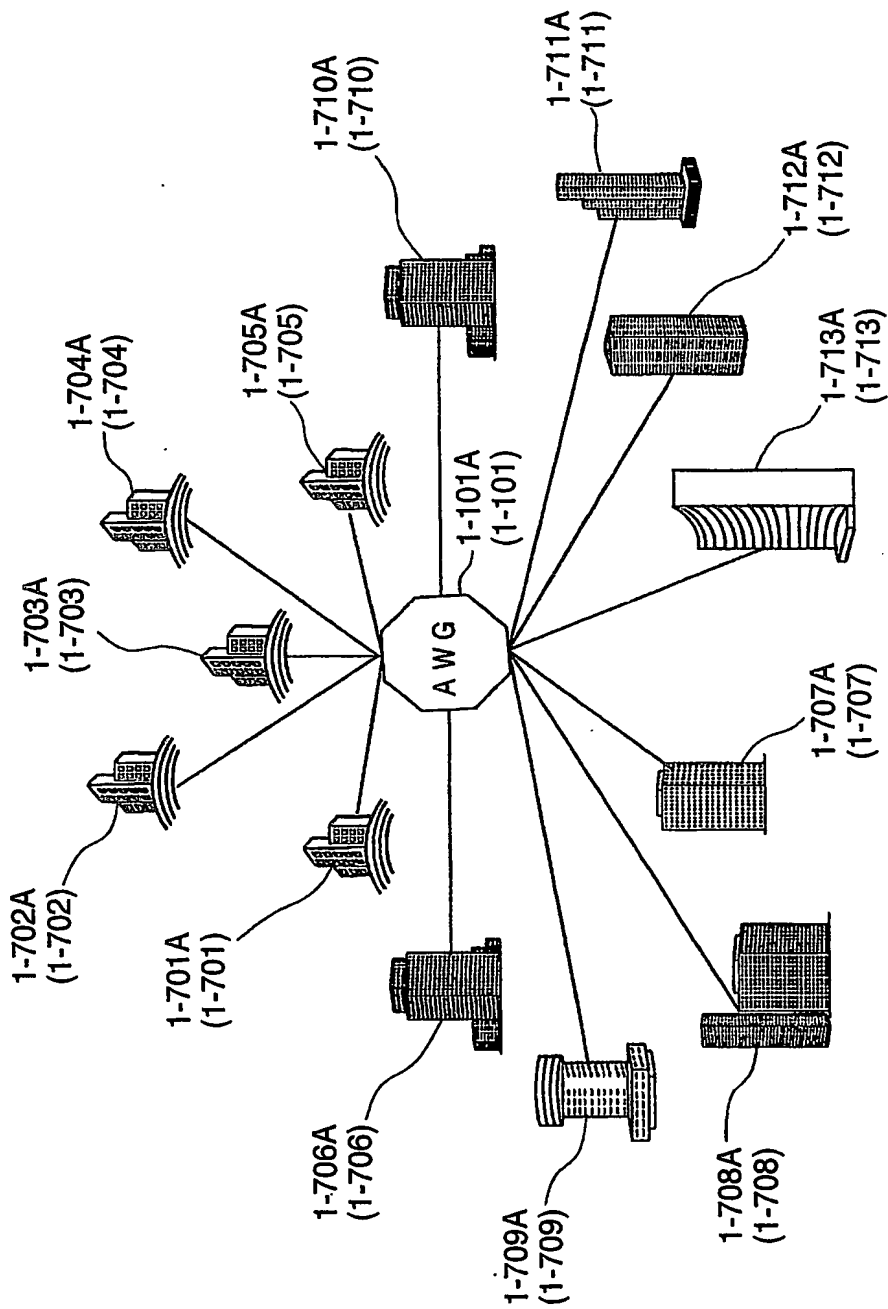
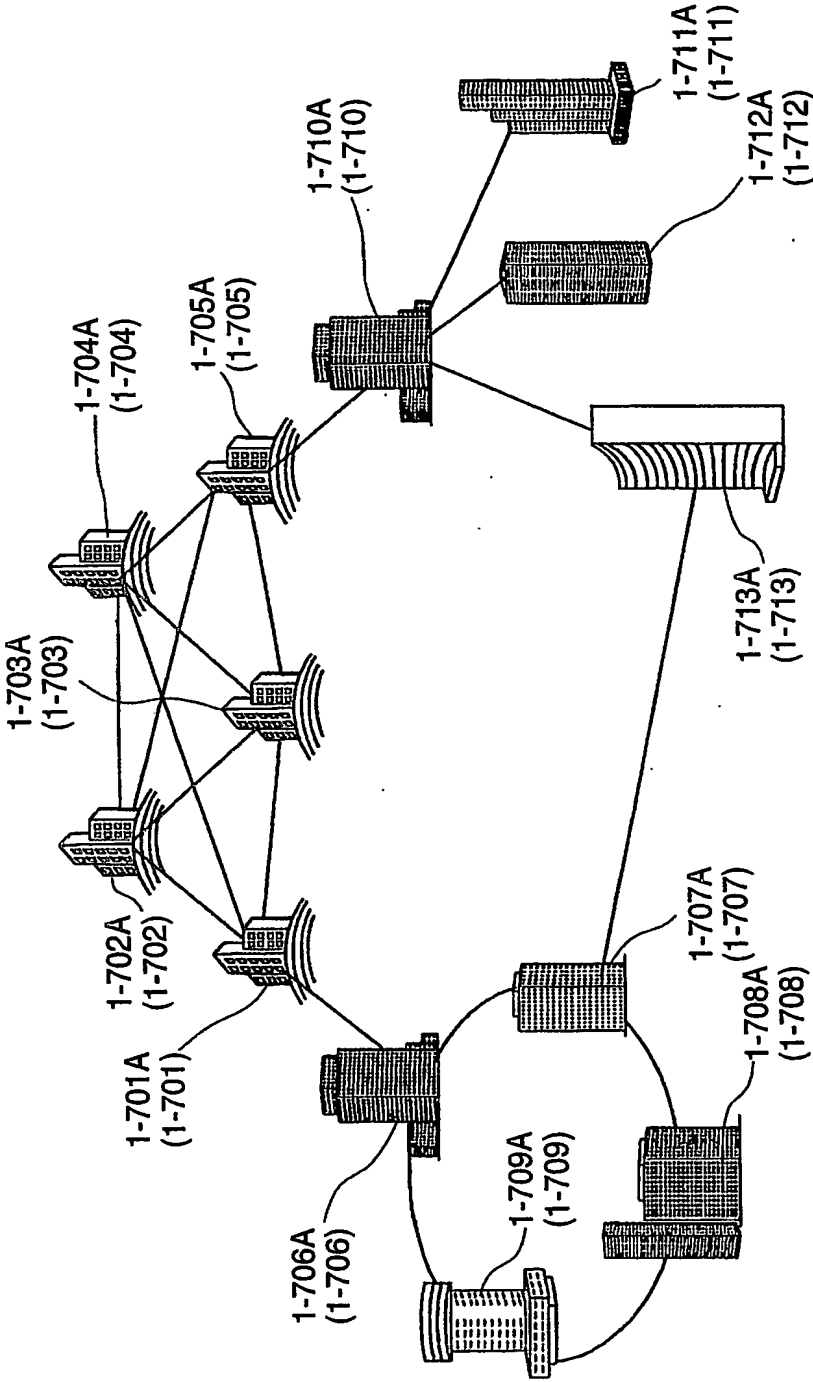
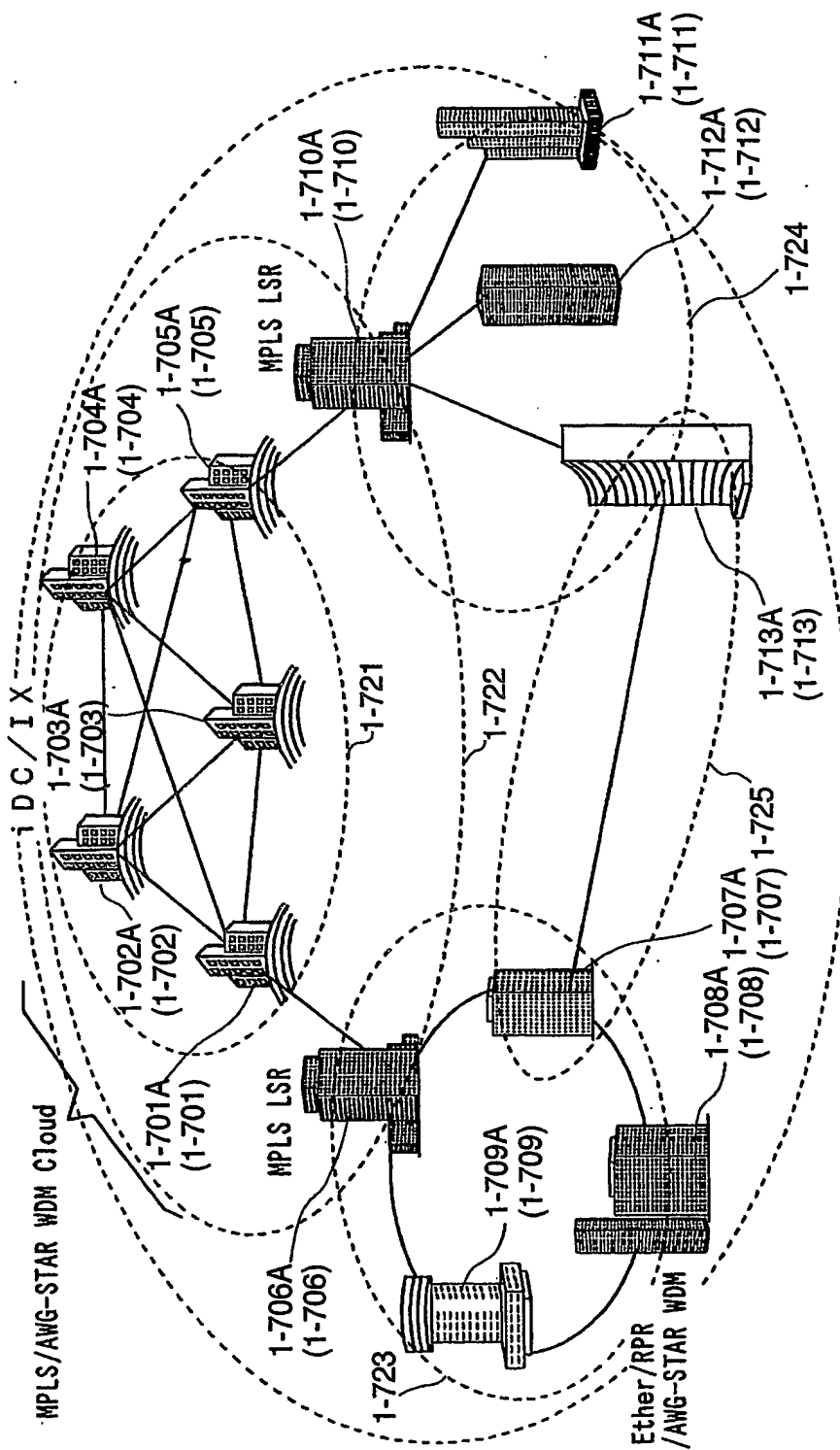


図 1-12



11/122

図 1-13





13/122

図 1-15

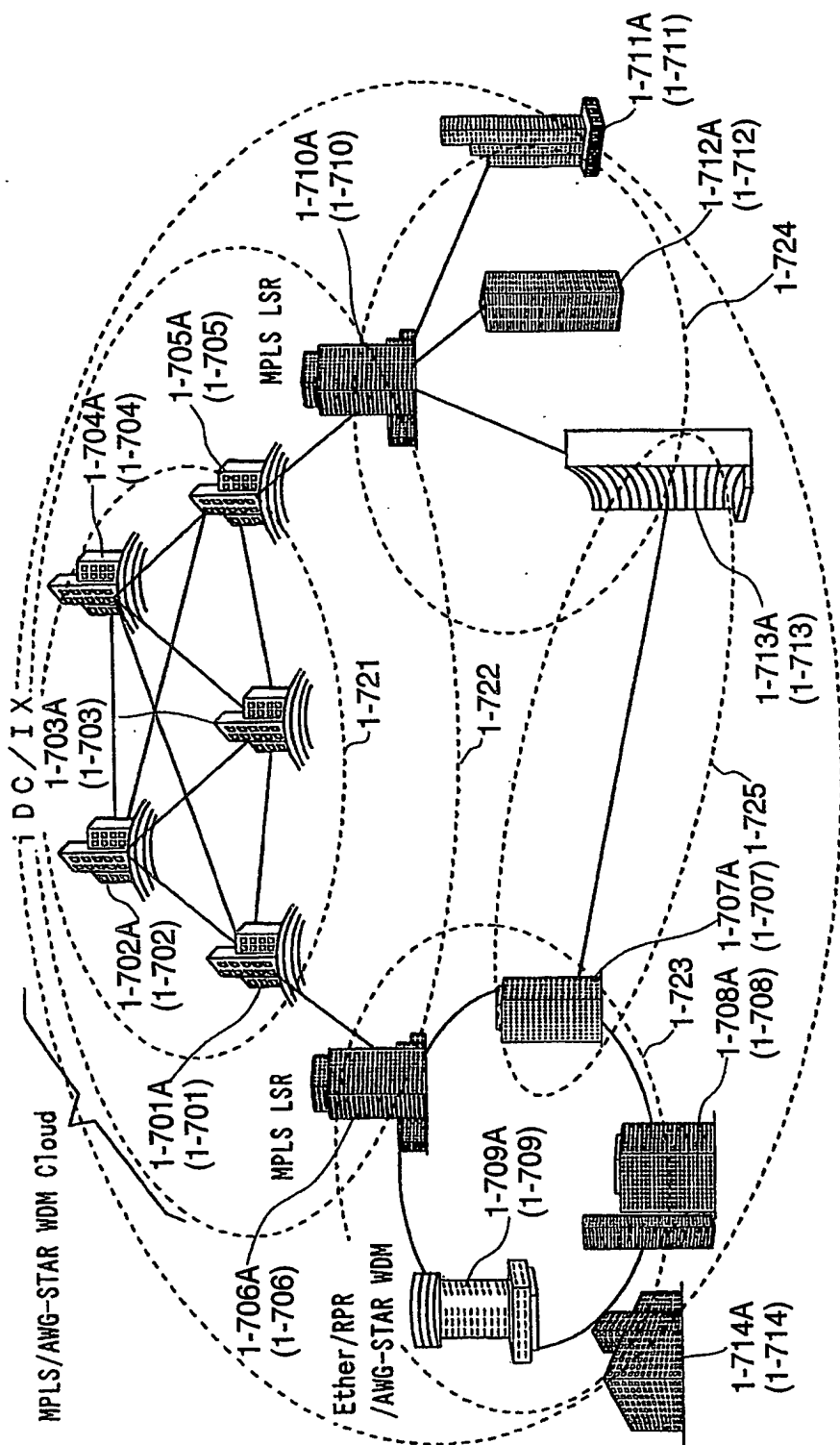


図 1-16

出力ポート

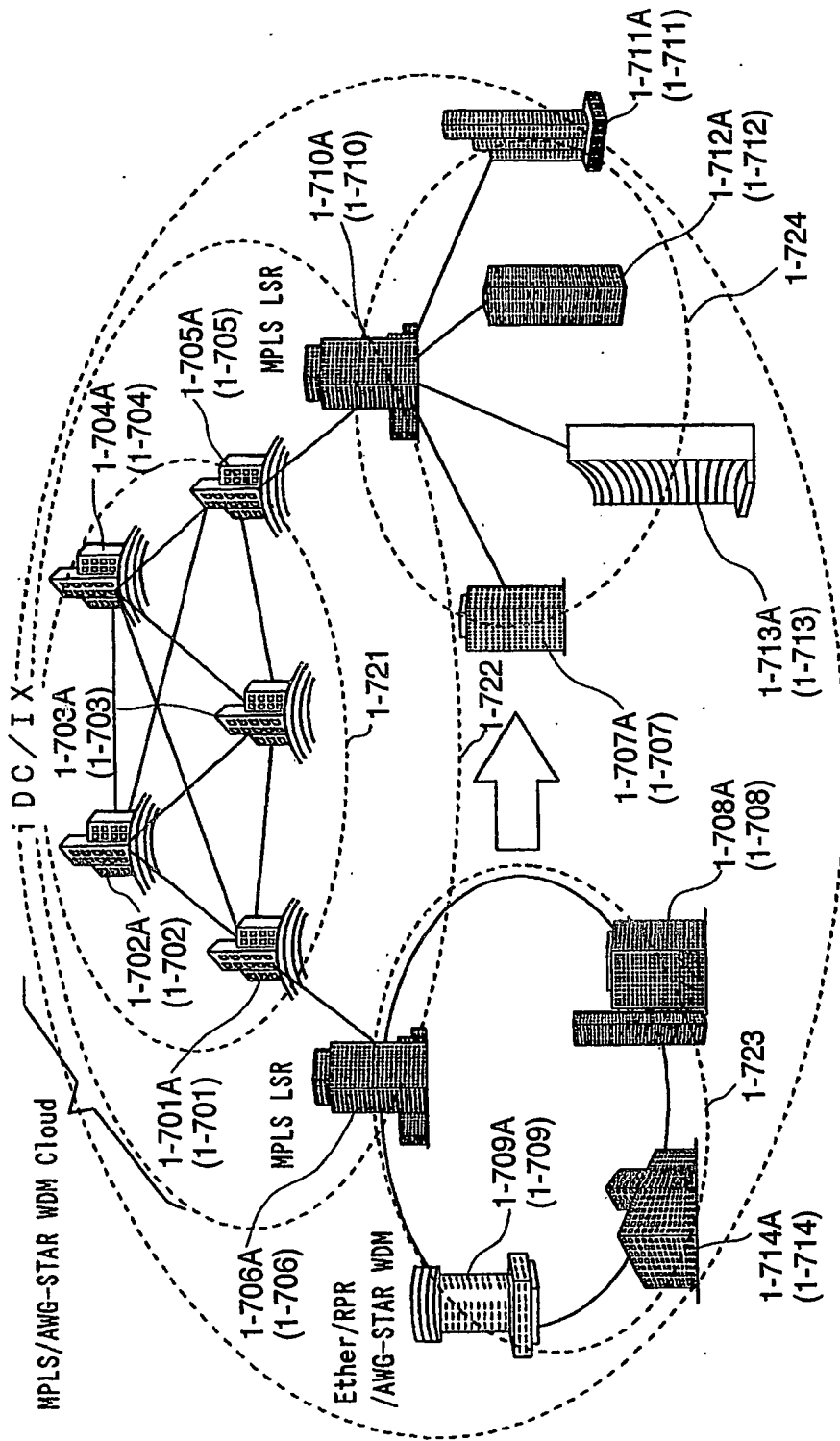
通信ノード装置番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$
2	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$
3	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
5	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
6	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
7	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$
8	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$
9	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
10	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$
11	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$
12	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$
13	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$
14	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$
15	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$
16	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$

入力ポート



15/122

図 1-17



16/122

図 1-18

出力ポート

通信/ポート装置番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$
2	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$
3	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
5	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
6	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
7	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$
8	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$
9	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
10	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$
11	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$
12	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$
13	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$
14	$\lambda 14$	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$
15	$\lambda 15$	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$
16	$\lambda 16$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$	$\lambda 9$	$\lambda 10$	$\lambda 11$	$\lambda 12$	$\lambda 13$	$\lambda 14$	$\lambda 15$

入力ポート

図 1-19

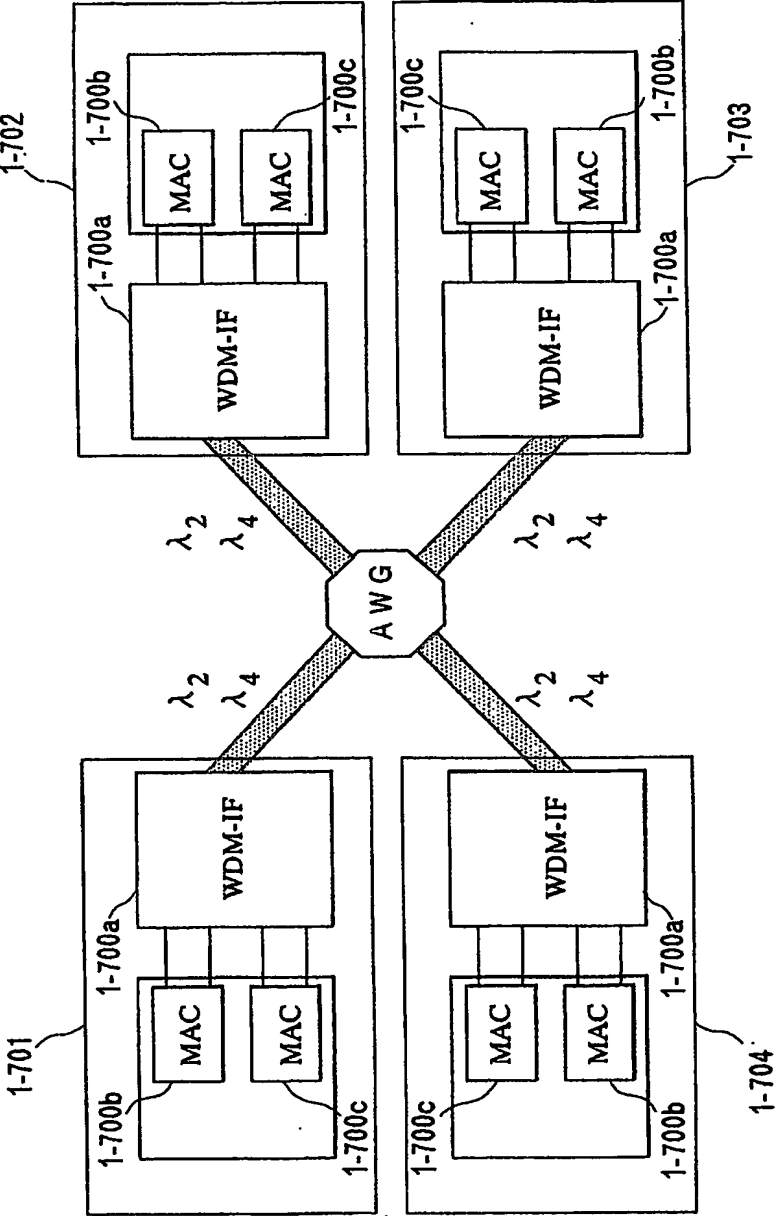


図 1-20

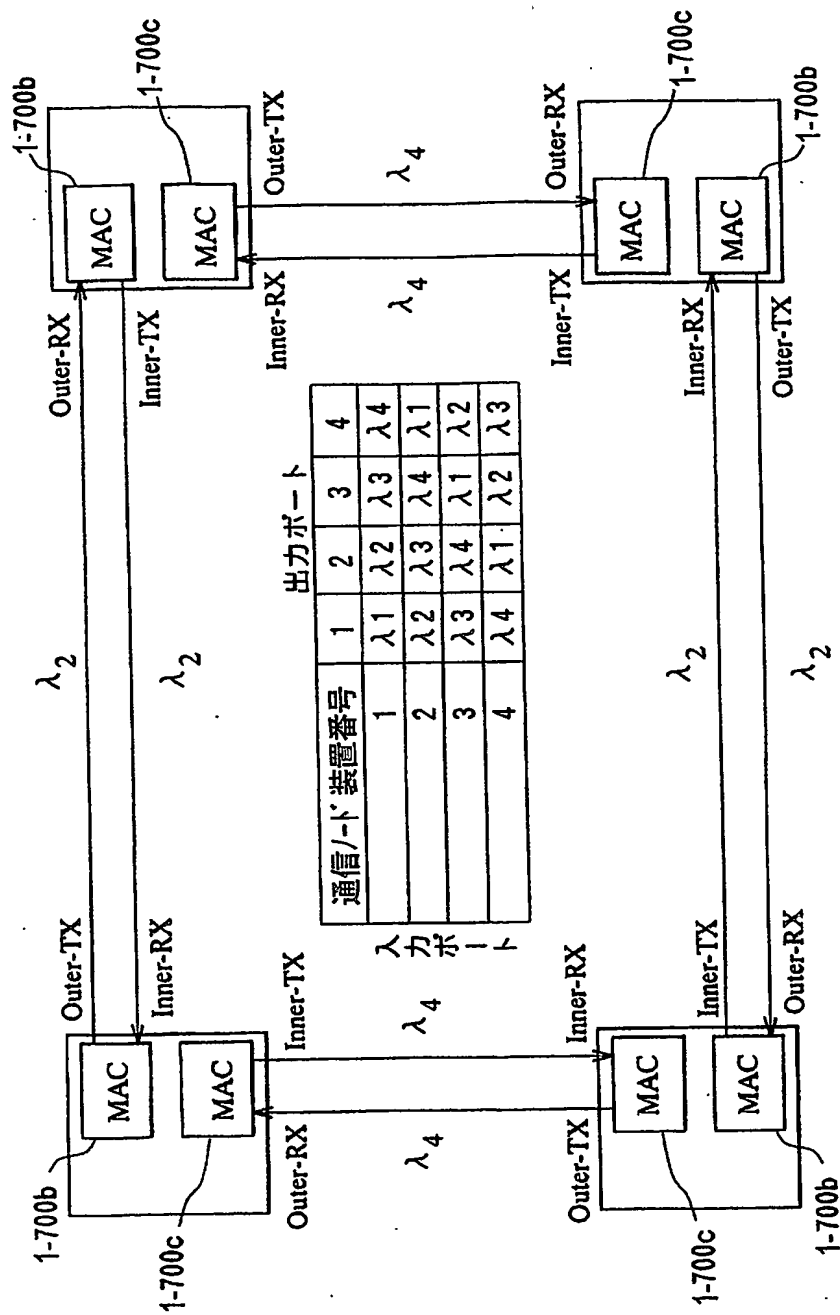


図 1-21

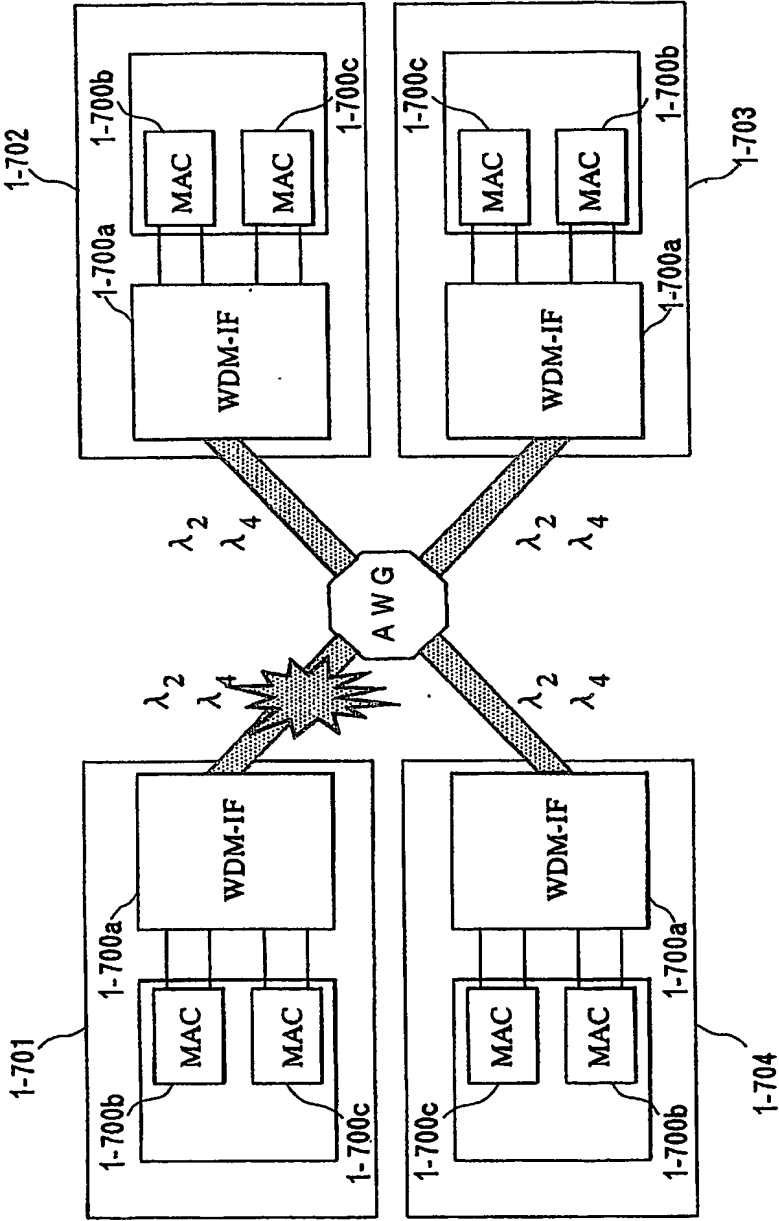


図 1 - 2 2

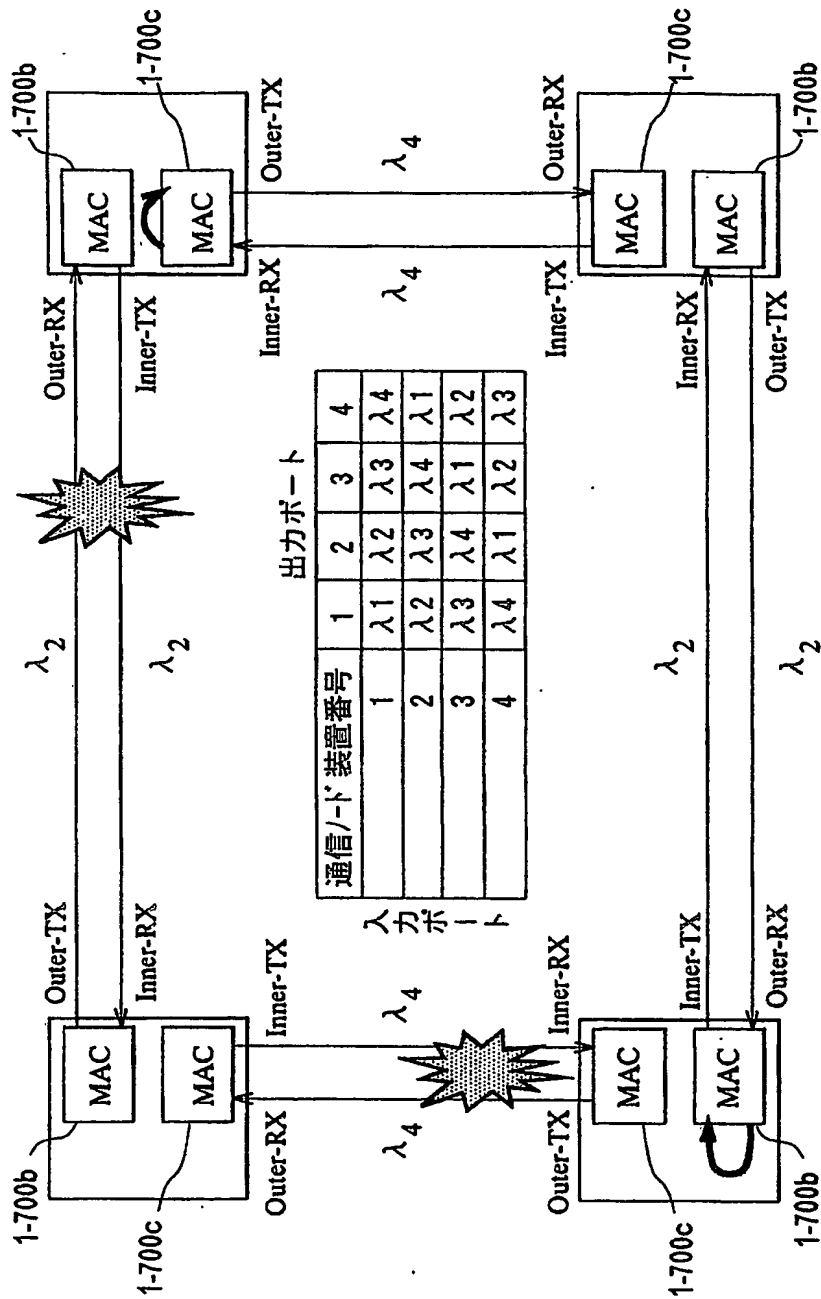
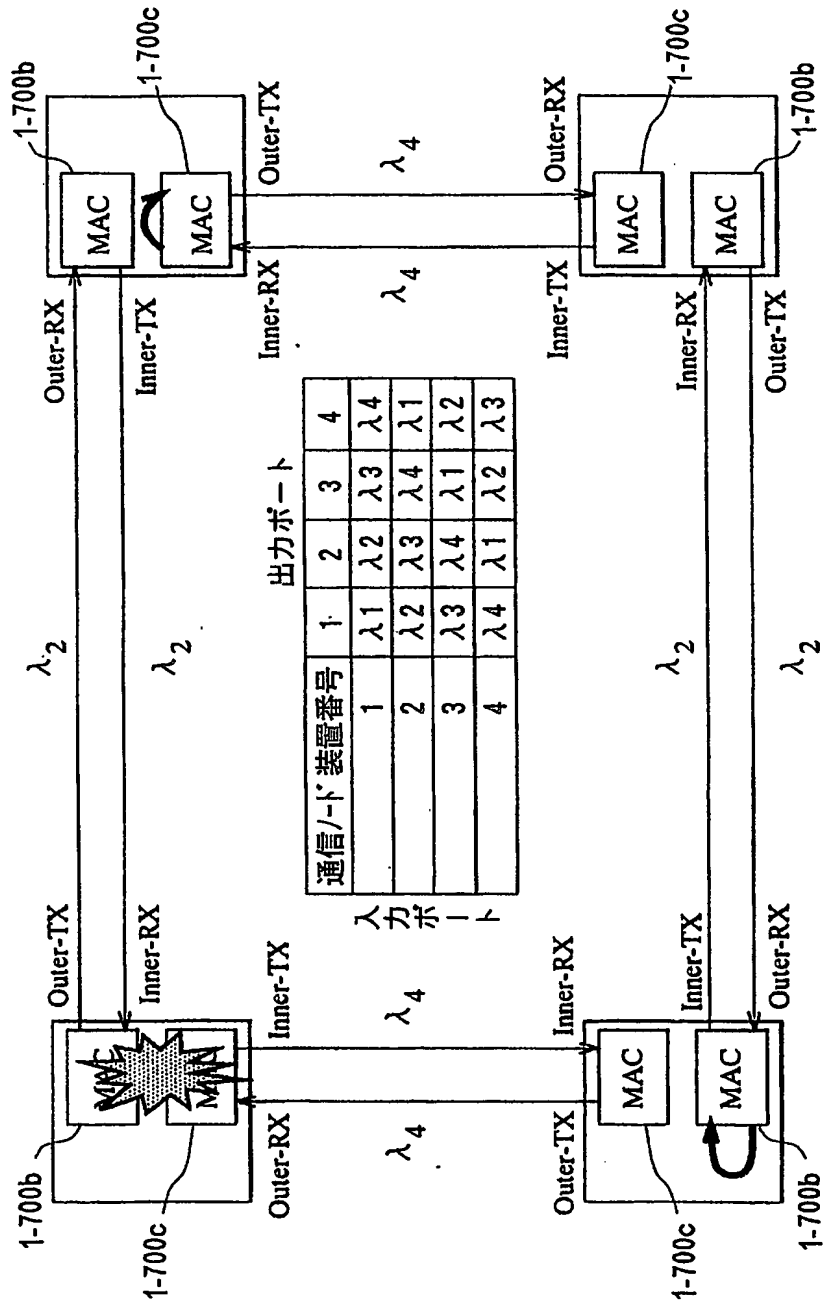
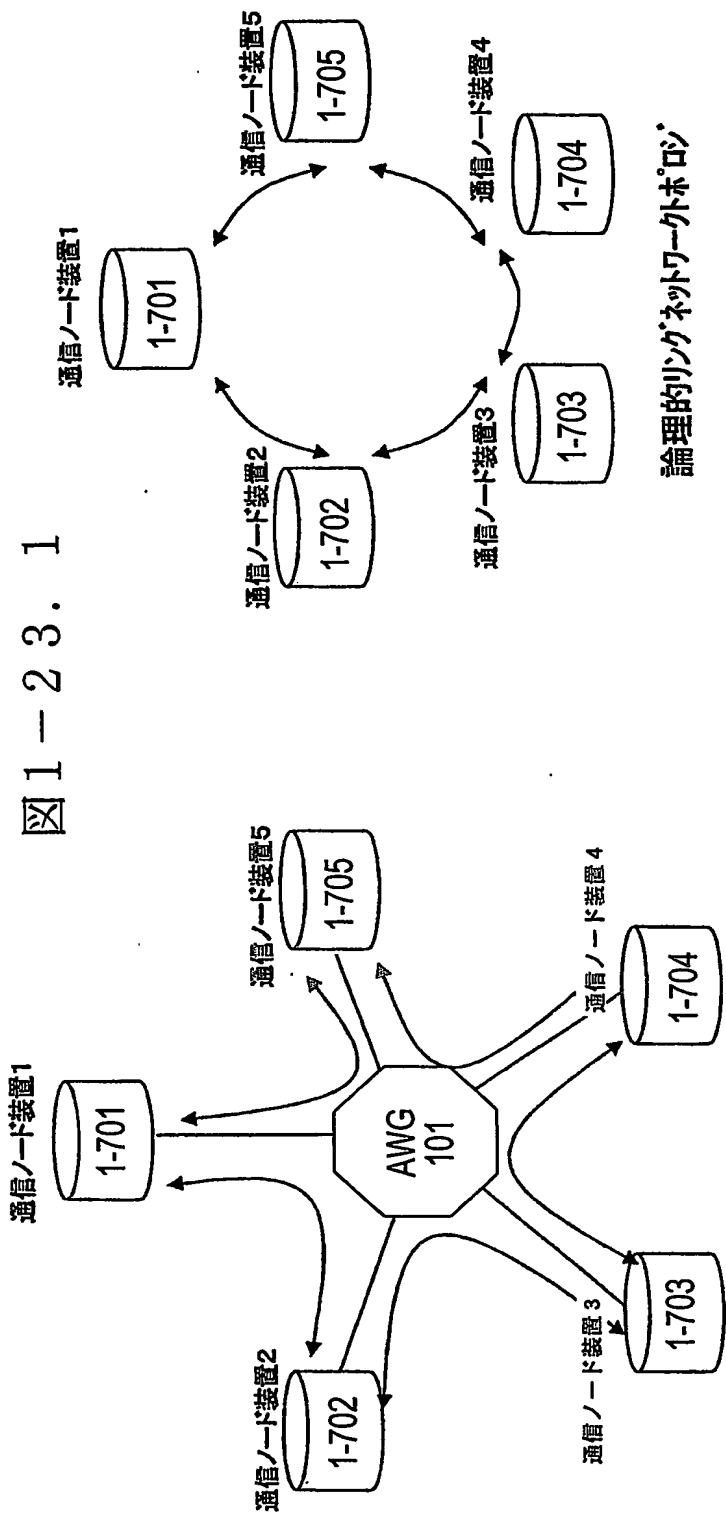


図 1-23





論理的リングネットワーク

出力ポート

通信ノード 装置番号	1	2	3	4	5
1		$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_5$
2	$\lambda_5$		$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_4$
3	$\lambda_4$	$\lambda_5$		$\lambda_1$	$\lambda_3$
4	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$		$\lambda_2$
5	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	

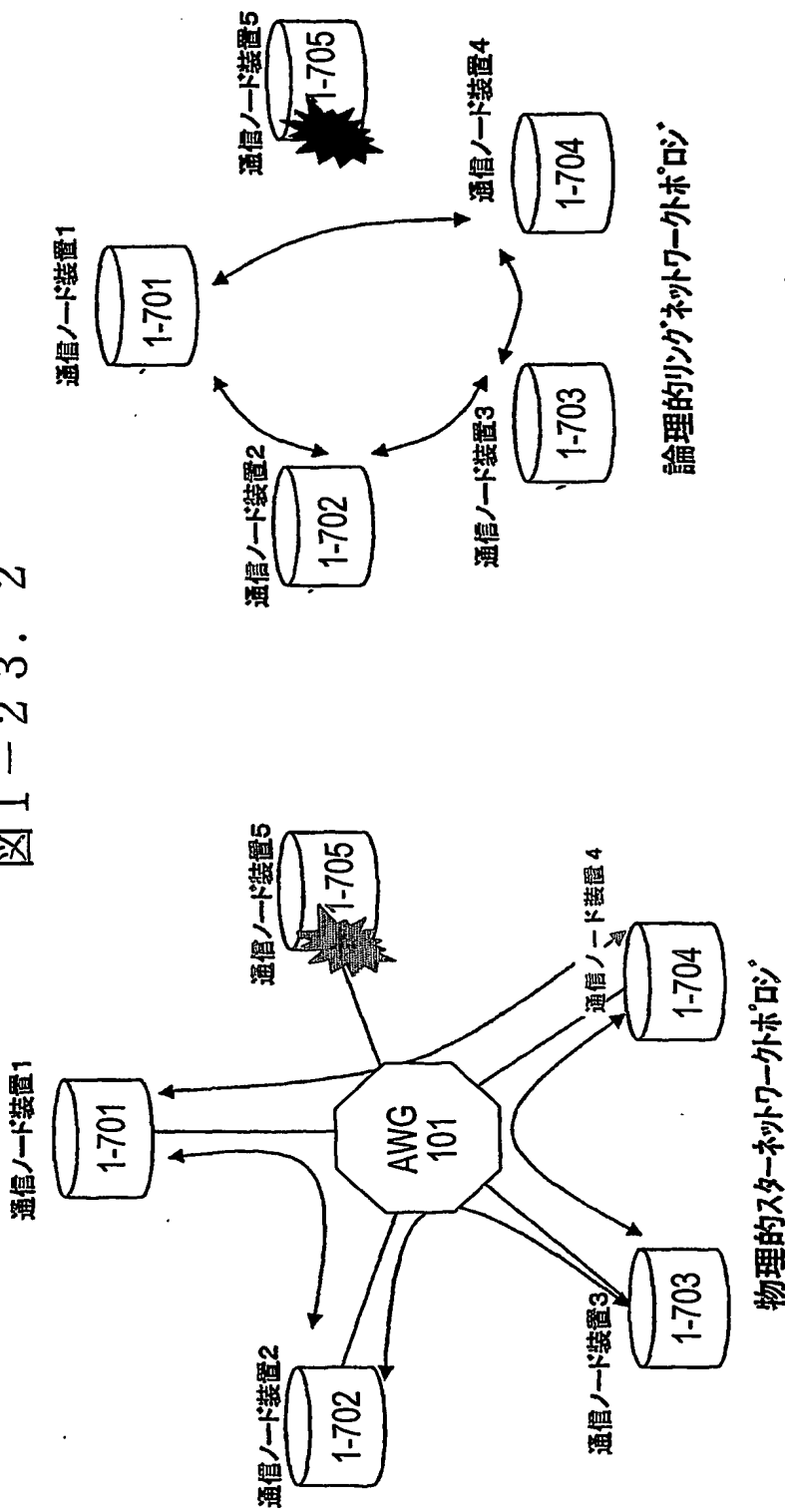
波長配置表

入力ポート

N=5での論理的リングネットワーク



図 1-23. 2



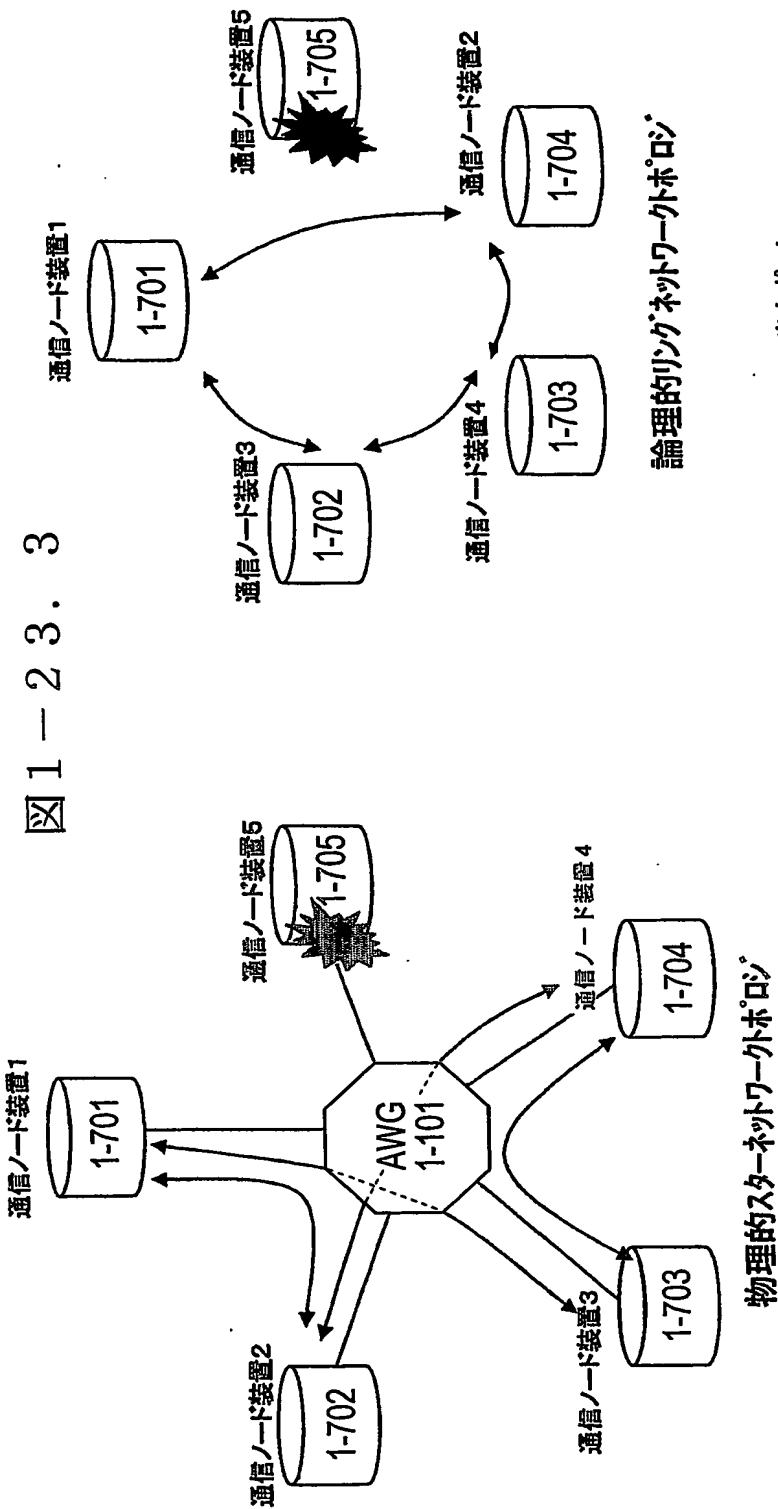
出力ポート

通信ノード 装置番号	1	2	3	4	5
1	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
2	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
3	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
4	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
5	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$

入力ポート

波長配置表

論理的リングネットワークポートの再構成

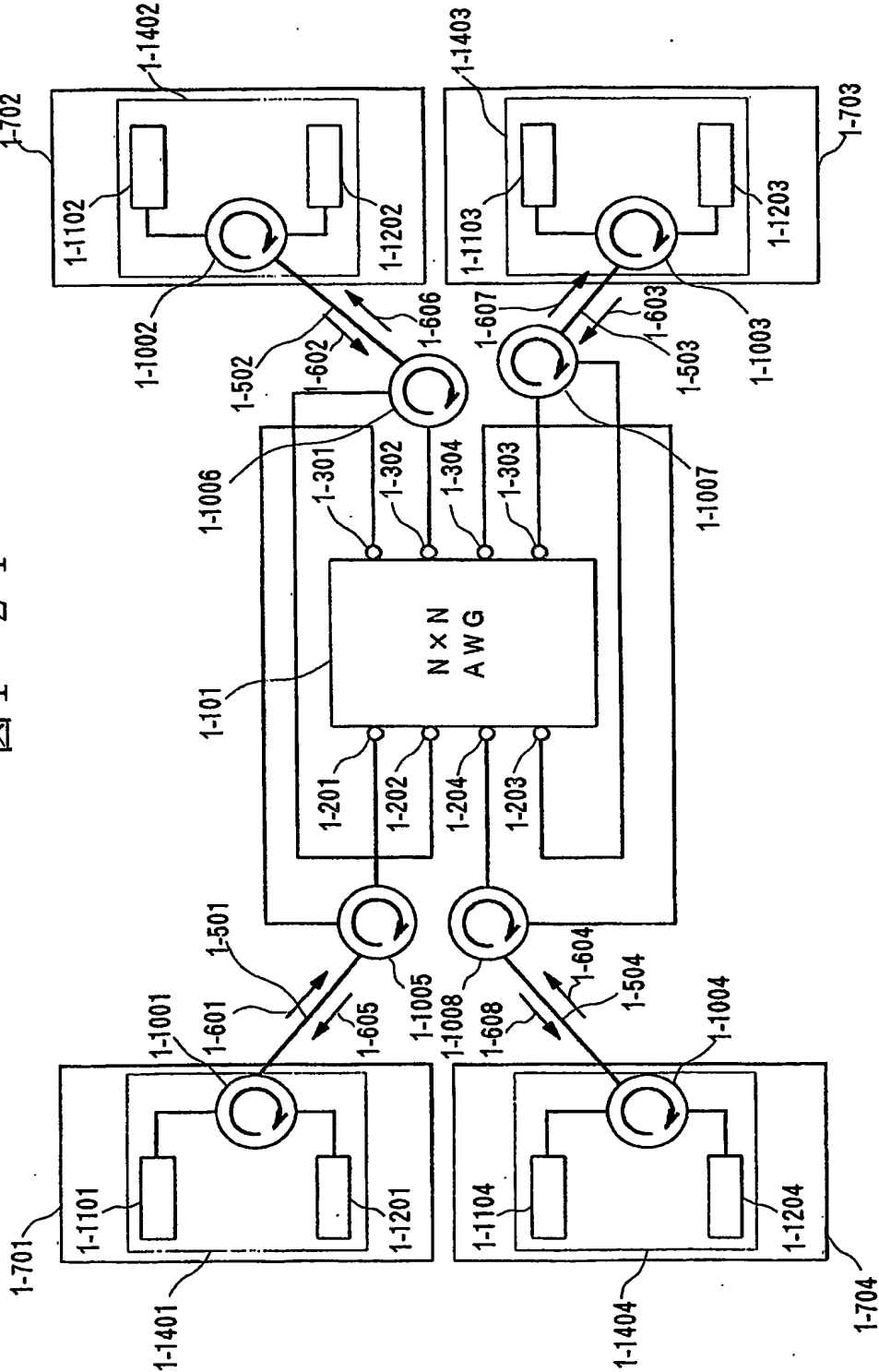


通信ノード装置番号	1	2	3	4	5
入力ポート	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 1$

波長配置表

論理的リングネットワークポロジの再構成

図 1 - 2 4



26/122

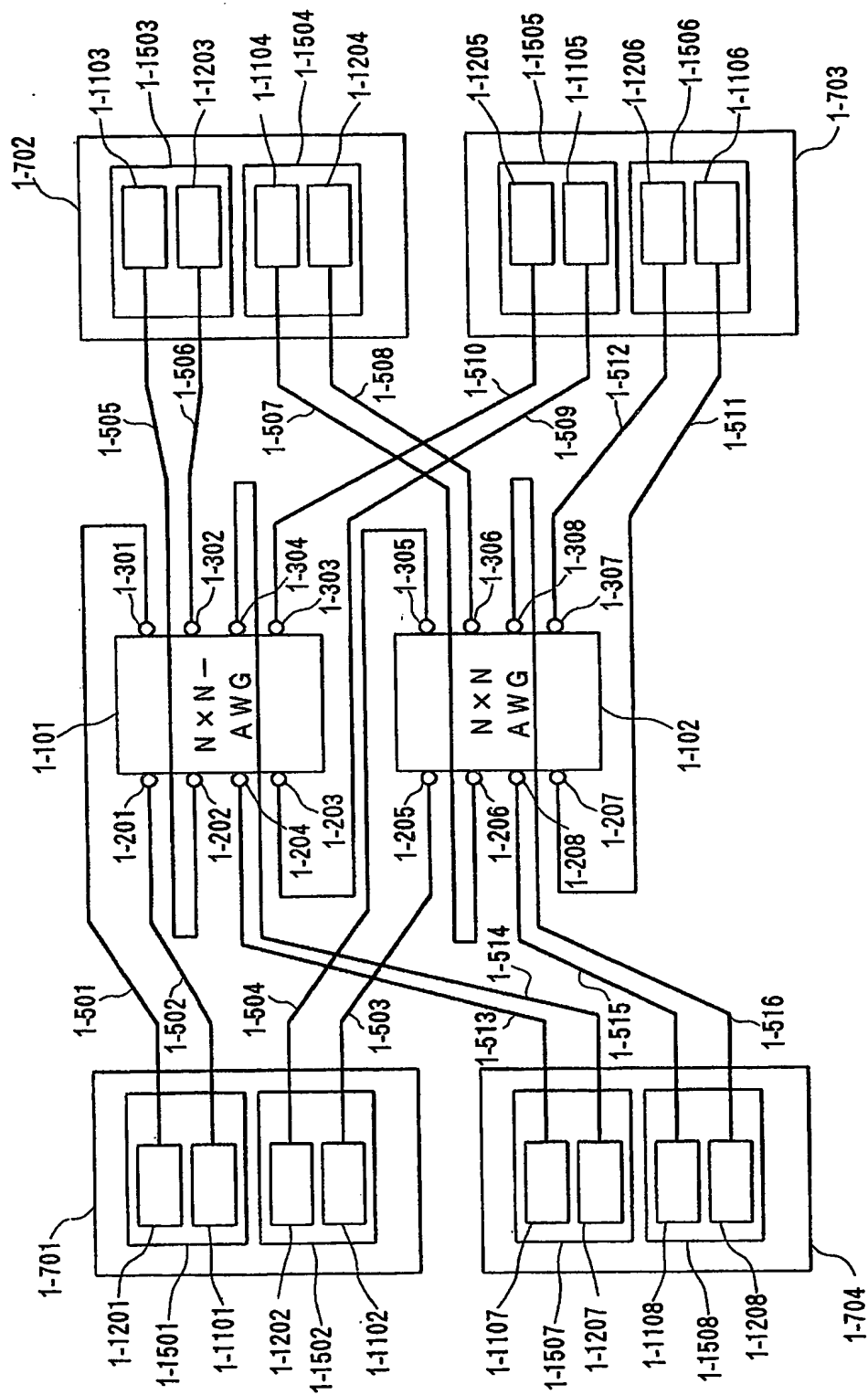
図 1 - 2 5

通信ノード装置 (受信)

通信ノード装置 (送信)		1-701	1-702	1-703	1-704
	1-701	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
	1-702	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
	1-703	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
	1-704	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$

27/122

図 1-26



28/122

図 1-27

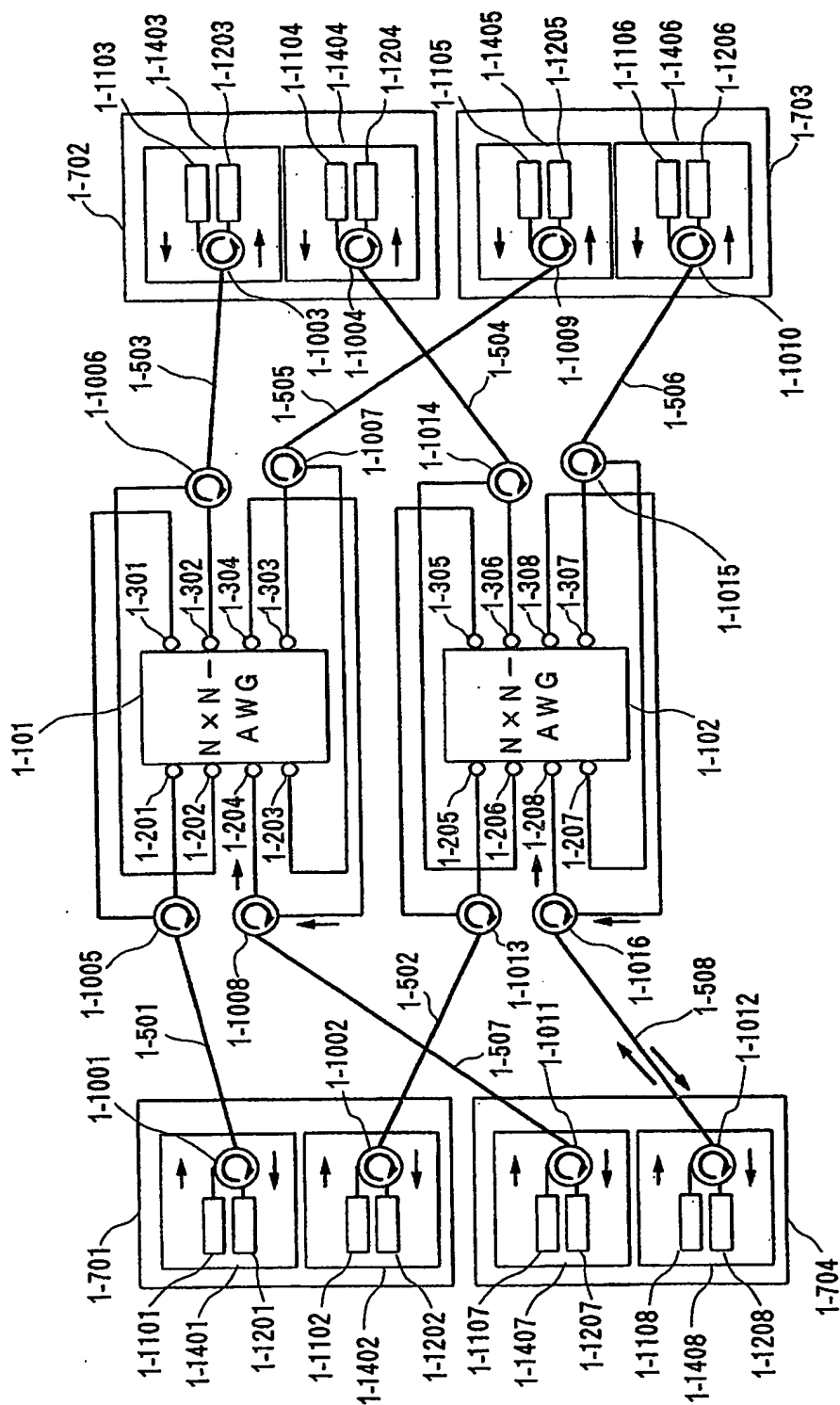


図 1 - 2 8

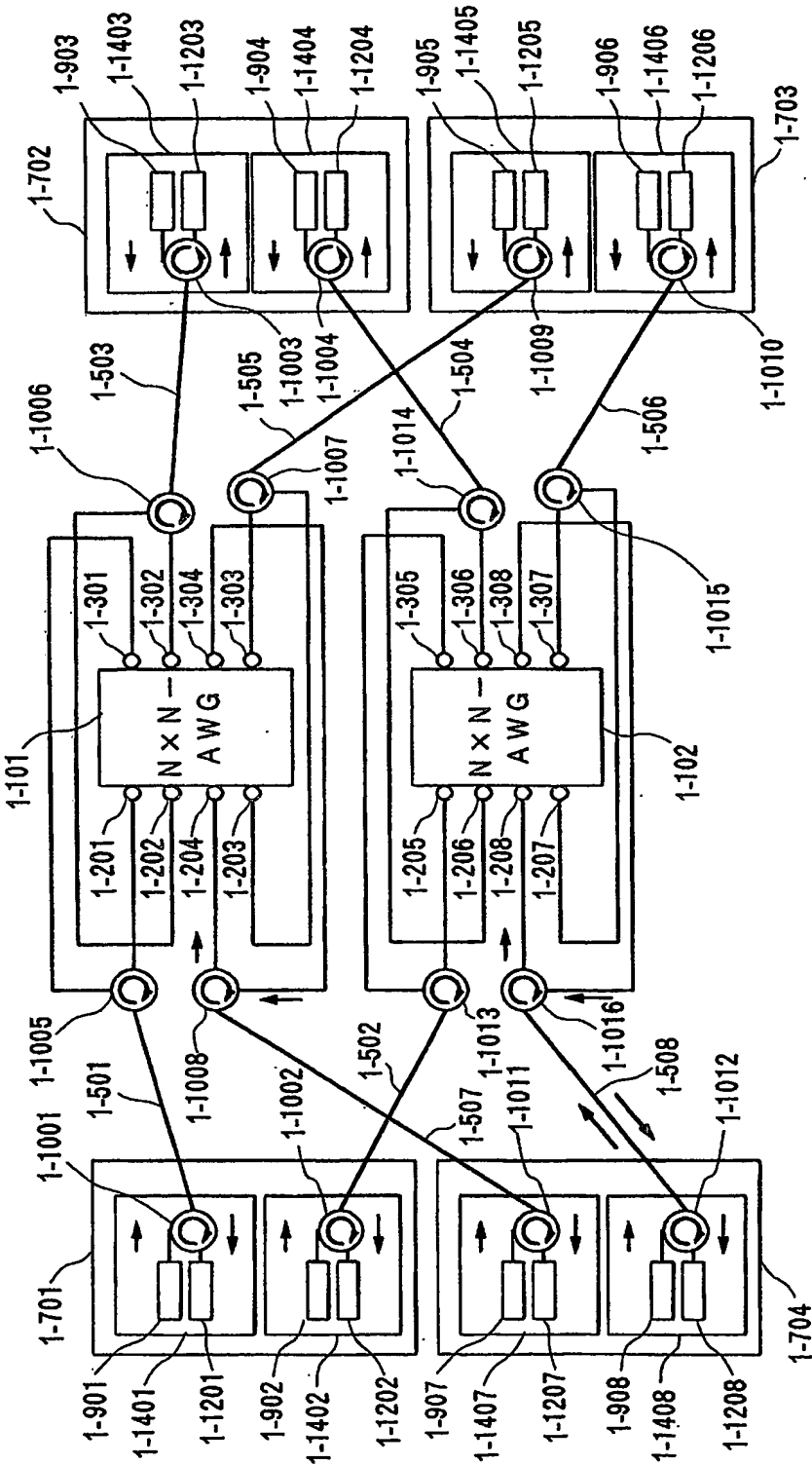


図 1 - 2 9

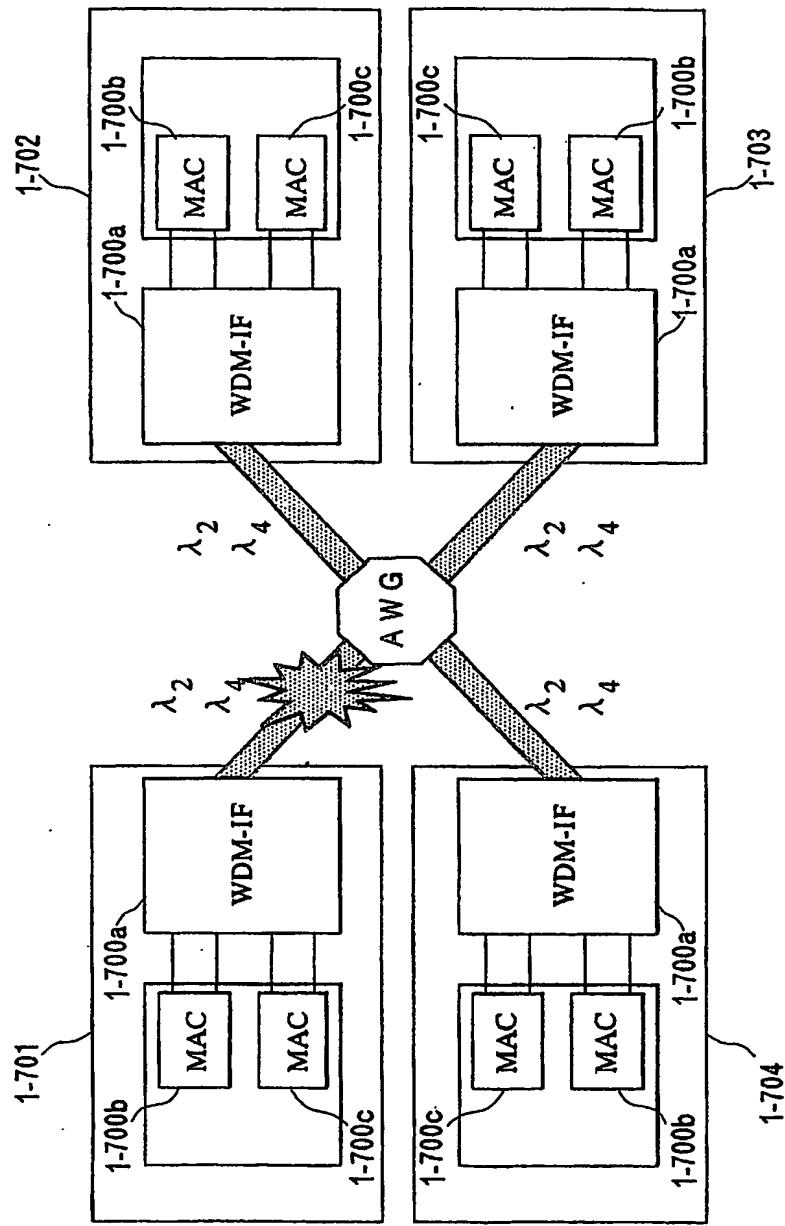
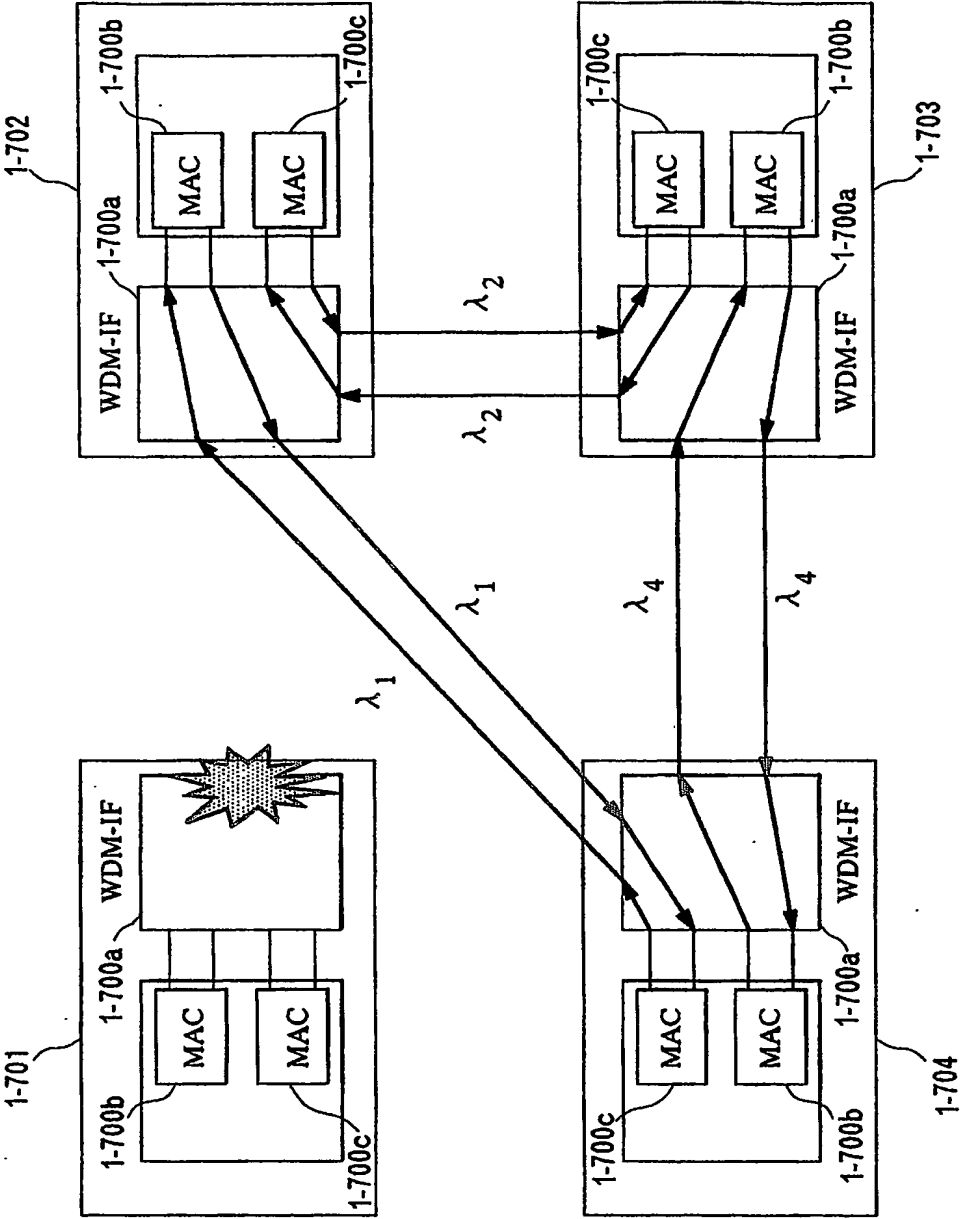
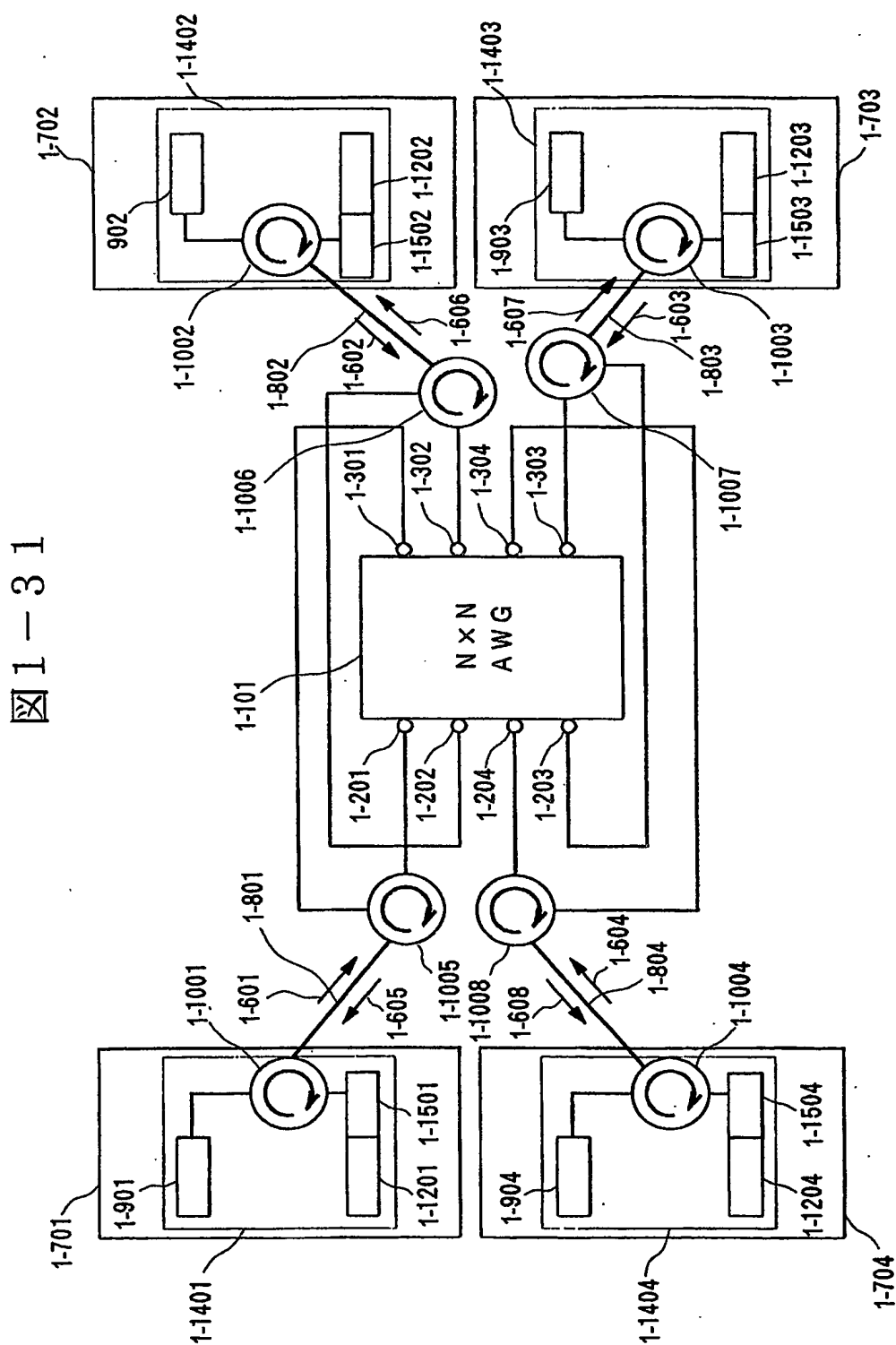




図 1-30



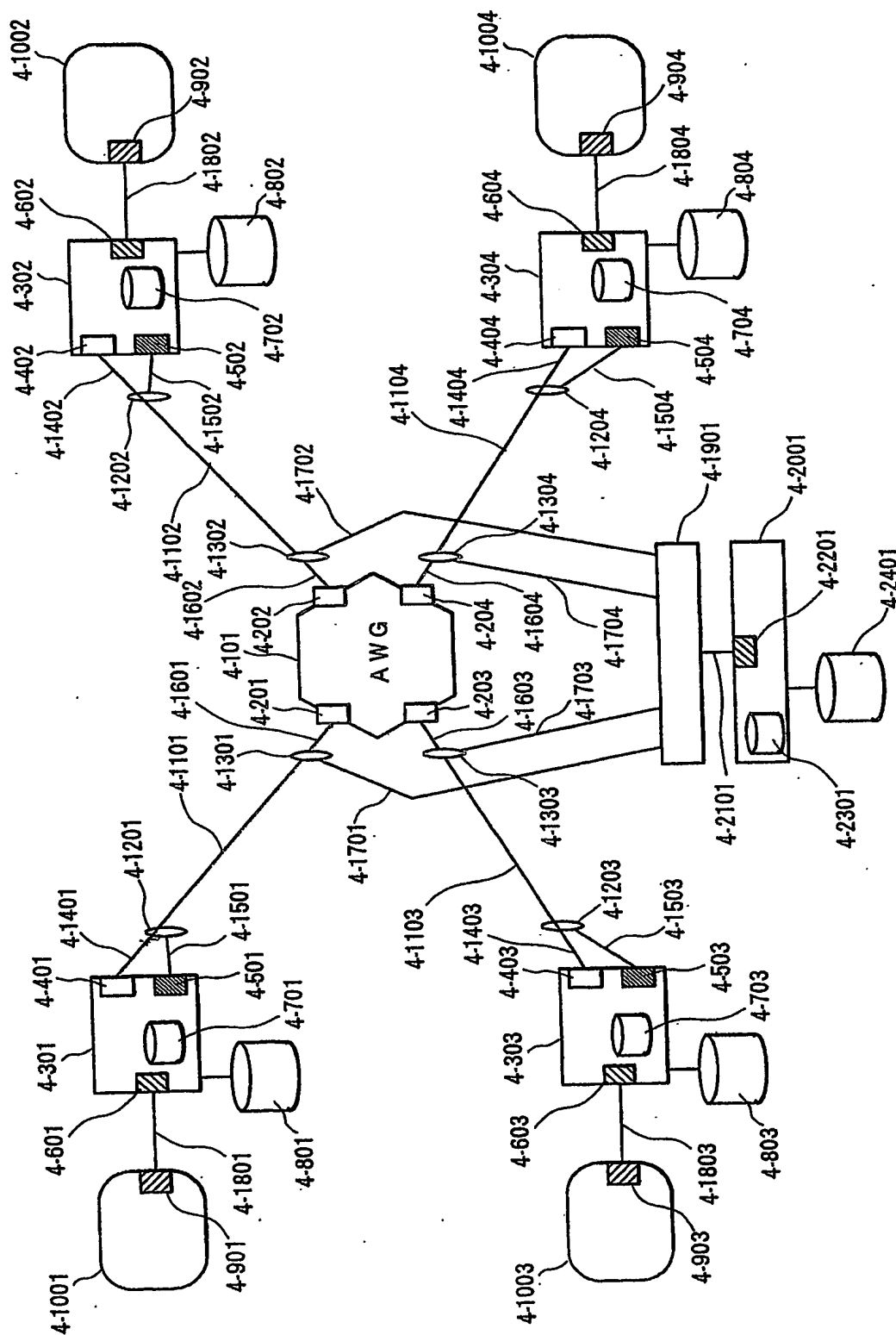
32/122





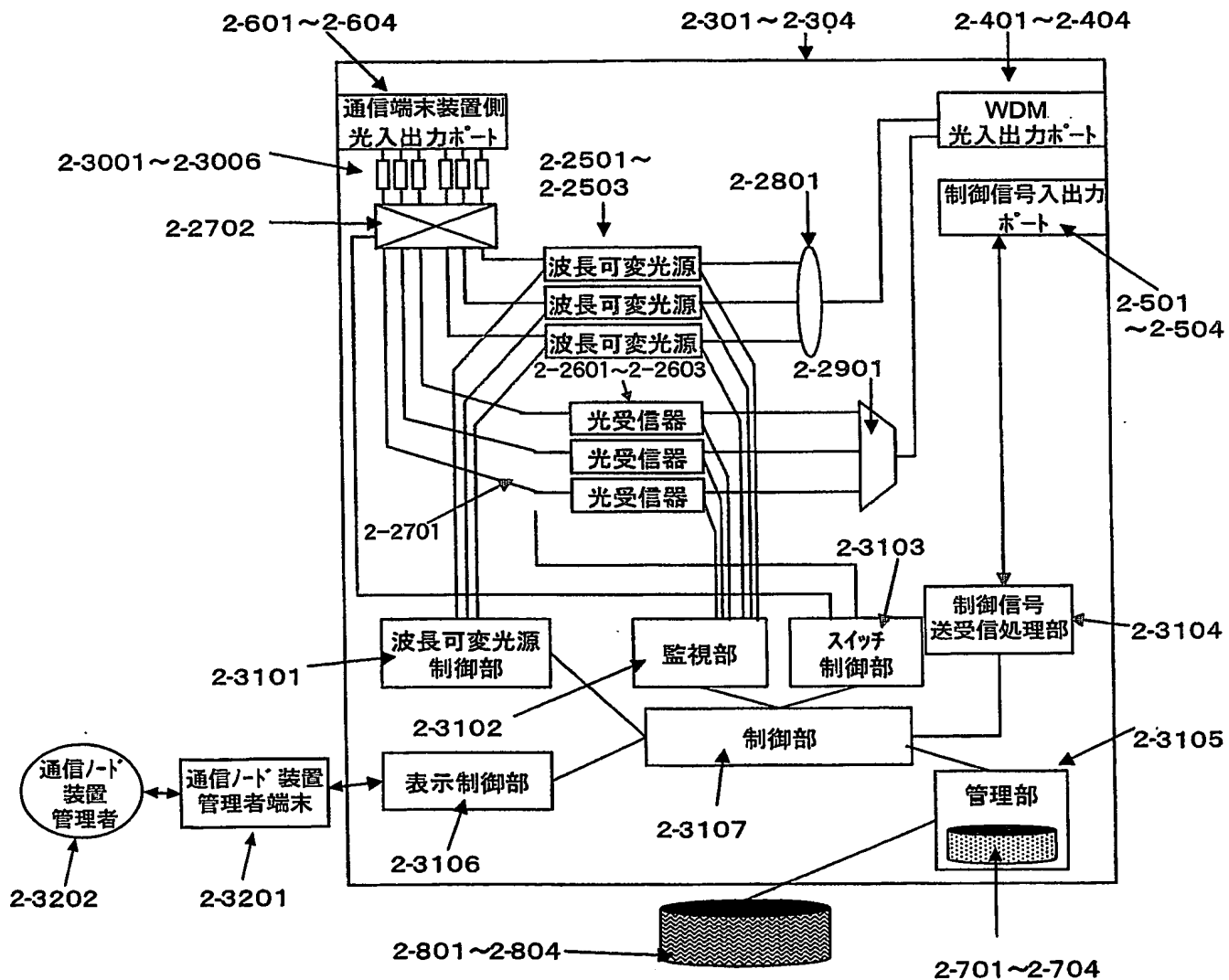
34/122

図 2-1



35/122

図 2 - 2



通信ノード装置構成

図 2-3

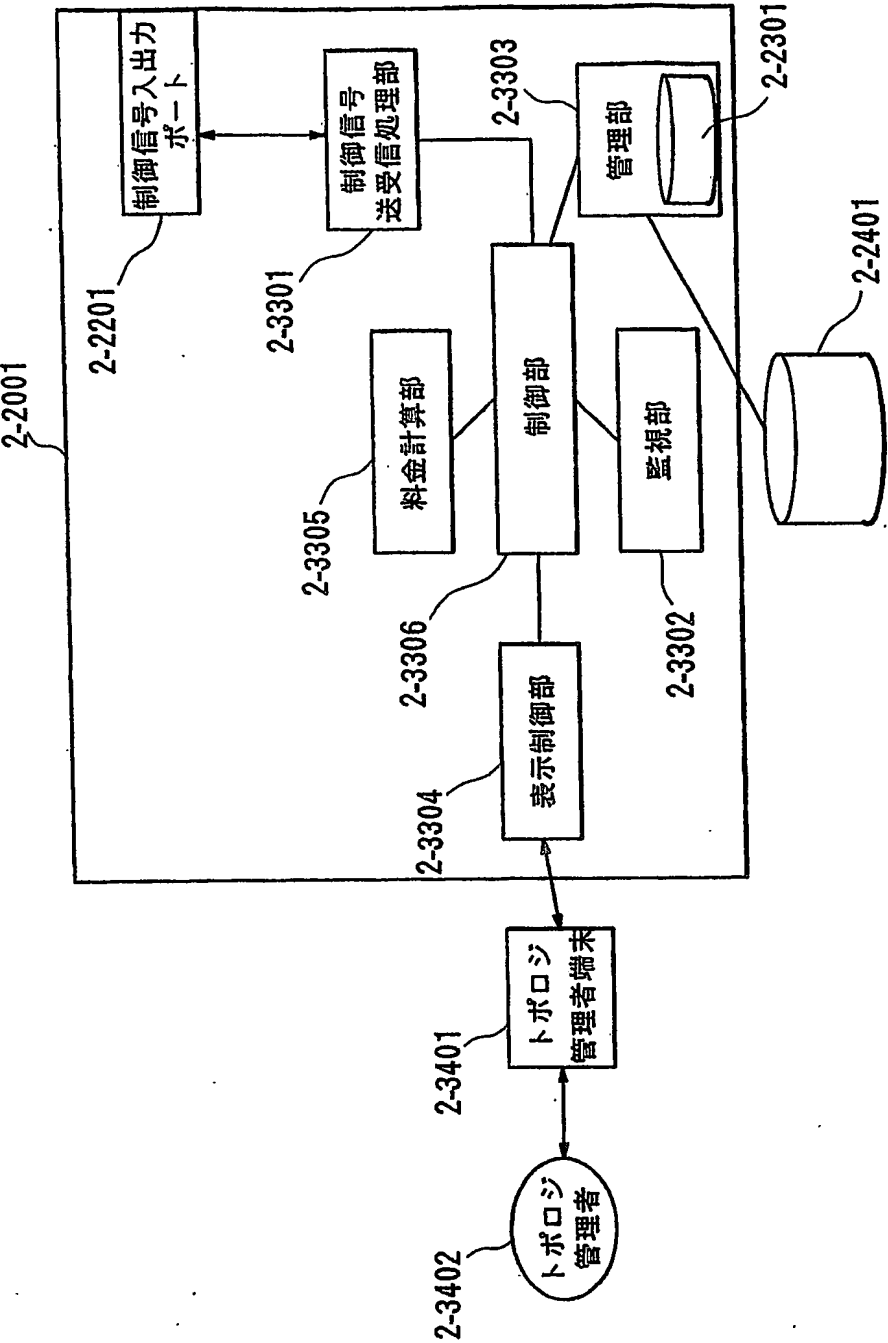


図 2-4

管理通信ノード装置番号		グリッ間隔	使用可能波長						
			λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9
1		50GHz	λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9

2-3501

管理通信ノード装置番号		グリッ間隔	使用可能波長						
			λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9
2		50GHz	λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9

•

•

•

管理通信ノード装置番号		グリッ間隔	使用可能波長						
			λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9
10		50GHz	λ1	λ2	λ3	λ4	λ5	λ6	λ7 λ8 λ9

図 2-5

2-3502

管理通信ノード装置番号	グリッド間隔	使用可能波長							
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
1	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
2	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
3	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
4	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
5	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
6	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
7	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
8	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
9	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$
10	50GHz	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$	$\lambda 8$





図 2-7

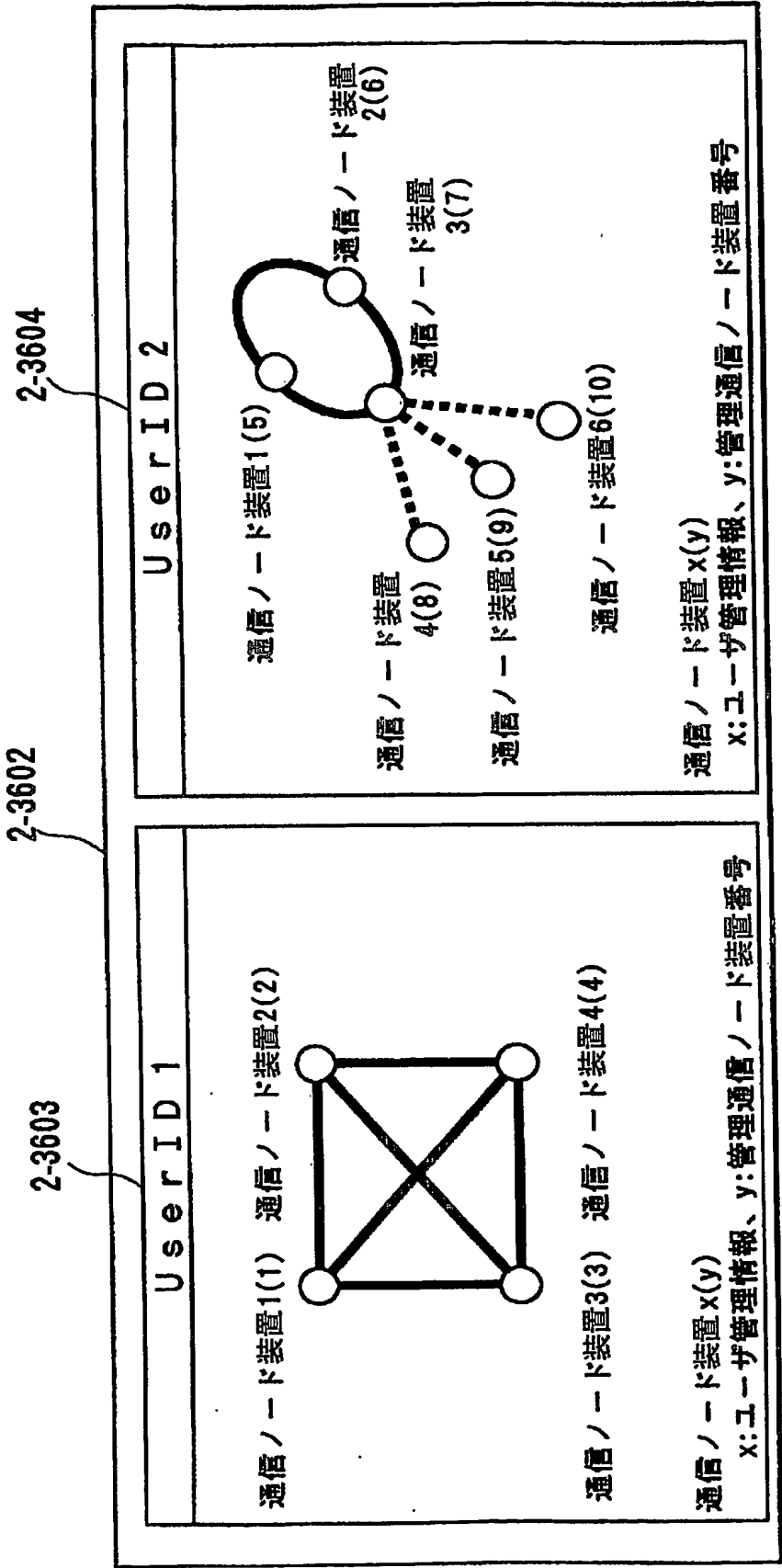


図 2-8

2-3605

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	0	0	12	0	A
1	2003.05	0	0	12	0	A
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	0	12	0	A

図 2-9

2-3606

トポロジ種別	メッシュ				メッシュ				メッシュ				メッシュ			
ユーザ通信ノード装置番号	1				2				3				4			
使用波長	λ2	λ3	λ4	λ3	λ4	λ1	λ4	λ1	λ4	λ1	λ2	λ1	λ2	λ1	λ2	λ3
対向通信ノード装置番号	2	3	4	1	3	4	4	1	2	3	1	3	1	2	1	2
WDM送信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
WDM受信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
通信ノード装置接続状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
ノードリンク数	3				3				3				3			
リンク帯域増速																
増速期間																

43/122

図 2 - 1 0

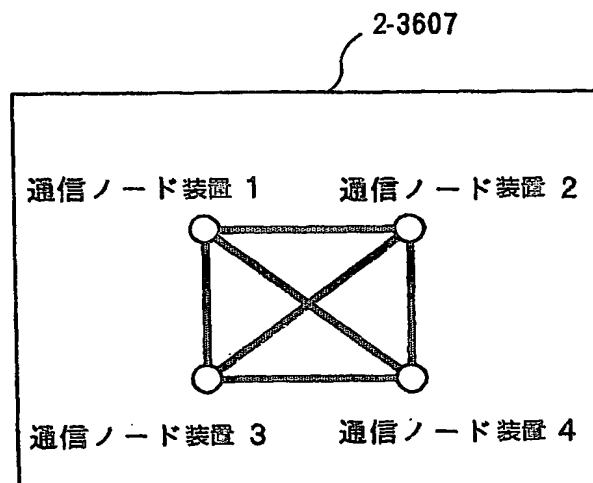


図 2-111

2-3608

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	0	0	12	0	A
1	2003.05	0	0	12	0	A

図 2-12

2-3609

トポロジ種別	リング			リング、スター					スタ-	スタ-	スタ-
ユーザ通信ノード装置番号	1			2					4	5	6
使用波長	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$	$\lambda d$	$\lambda e$	$\lambda f$	$\lambda d$	$\lambda e$
対向通信ノード装置番号	3	2	1	3	2	1	4	5	6	3	3
WDM送信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
WDM受信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
通信ノード装置接続状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
ノードリンク数	2			2					5	1	1
リンク帯域増速											
増速期間											

46/122

図 2 - 1 3

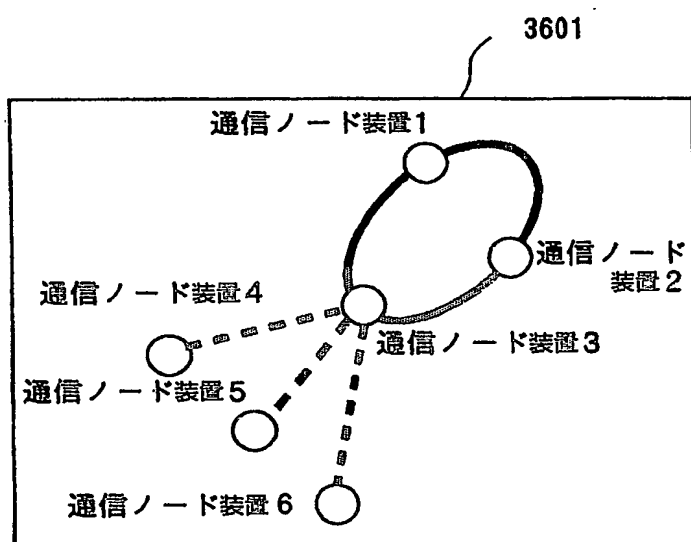




図 2-14

2-3611

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	0	12	0	A

48/122

2-3701

図 2-15

トポロジ種別	メッシュ	メッシュ	メッシュ、スター	メッシュ	メッシュ、スター
管理通信ノード装置番号	1		2	3	4
ユーザ通信ノード装置番号	1		2	3	4
ユーザID	1		1	1	1
使用波長	λ2	λ3	λ4	λ1	λ2
対向通信ノード装置番号	2	3	4	1	2
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ノードリンク数	3		4	3	4
リンク帯域増速					
増速期間					

スター	リング	リング	リング	リング、スター	スター	スター	スター
11	6	7		7	8	9	10
5	2	3		3	4	5	6
1	2	2		2	2	2	2
λh	λi	λa	λb	λc	λd	λe	λf
2	4	7	6	7	5	8	9
Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2	2	2	2	5	1	1	1

図 2-16

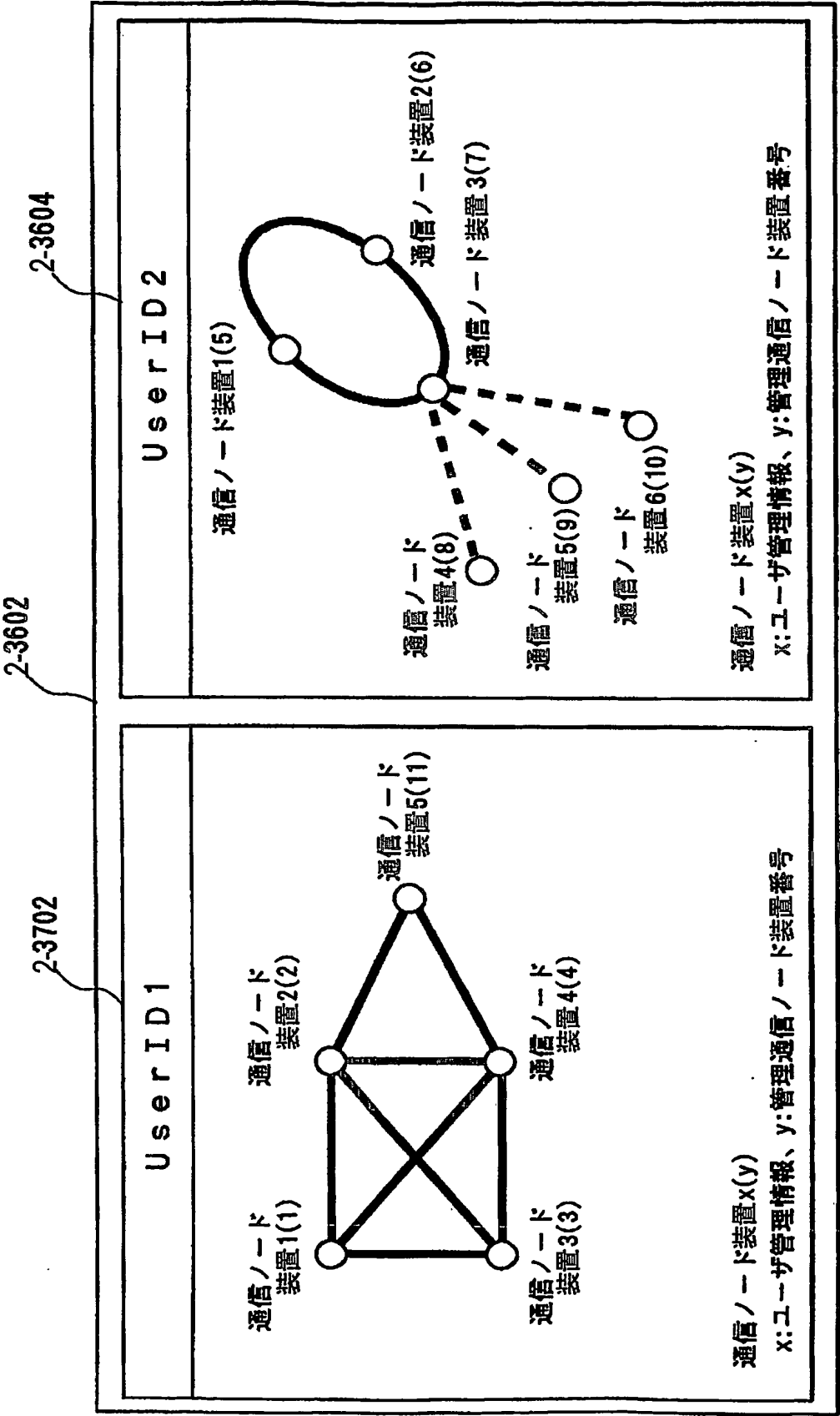


図 2-17

2-3703

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	1	0	14	0	B
1	2003.05	1	0	14	0	B
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	0	12	0	A

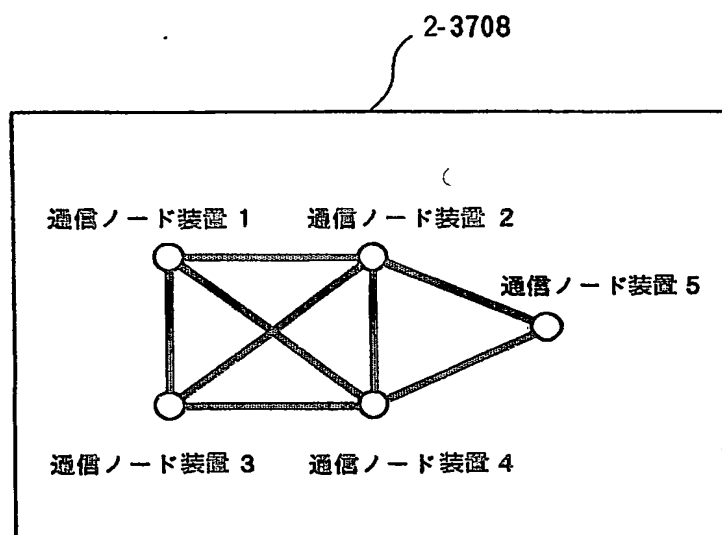
2-3704

図 2-18

トポロジ種別	メッシュ				メッシュ、スター				メッシュ				メッシュ、スター				スター
ユーザ通信ノード装置番号	1				2				3				4				5
使用波長	λ2	λ3	λ4		λ3	λ4	λ1	λh	λ4	λ1	λ2	λ1	λ3	λ1	λh	λ1	
対向通信ノード装置番号	2	3	4		1	3	4	11	4	1	2	3	2	11	2	4	
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok		Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok		Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok		Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	
ノードリンク数	3				4				3				4				2
リンク帯域増速																	
増速期間																	

52/122

図 2 - 1 9



53/122

図 2-20

2-3709

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増減数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	1	0	14	0	B
1	2003.05	1	0	14	0	B

2-3710

54/122

**2-3801**

2-21

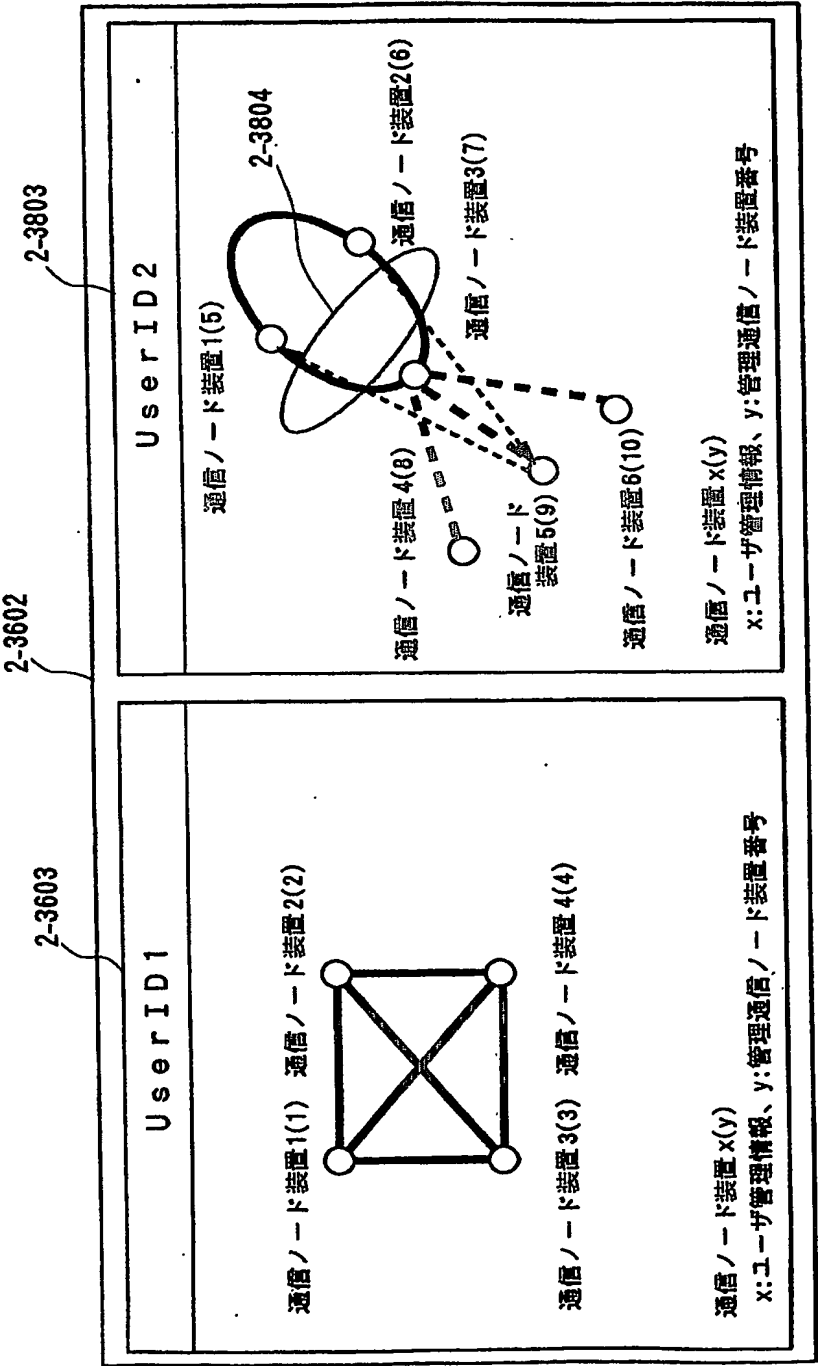
トポロジ種別	メッシュ	メッシュ	メッシュ	メッシュ	メッシュ
管理通信ノード装置番号	1	2		3	4
ユーザ通信ノード装置番号	1	2		3	4
ユーザID	1	1		1	1
使用波長	λ2	λ3	λ4	λ3	λ4
対向通信ノード装置番号	2	3	4	1	2
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ノードリンク数	3		3	3	3
リンク帯域増速					
増速期間					

[illegible]

**2-3802**



図 2-22



56/122

図 2-23

2-3805

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	0	0	12	0	A
1	2003.05	0	0	12	0	A
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	1	16	0	C

2-3806

図 2-24

2-3807

トポロジ種別	リング						リング						リング						スター	スター	スター
ユーザ通信ノード装置番号	1						2						3						4		
使用波長	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$	$\lambda d$	$\lambda e$	$\lambda f$	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$	$\lambda d$	$\lambda e$	$\lambda f$	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$	$\lambda d$	$\lambda e$	$\lambda f$	$\lambda a$	$\lambda b$	$\lambda c$
対向通信ノード装置番号	3	2	増速	1	3	増速	1	3	増速	2	1	4	5	6	3	増速	0k	0k	0k	増速	3
WDM送信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
WDM受信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
通信ノード装置接続状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k
ノードリンク数	3						3						5						3		
リンク帯域増速	増速						増速						増速						増速		
増速期間	1月						1月						1月						1月 1月		

2-3808

58/122

図 2 - 2 5

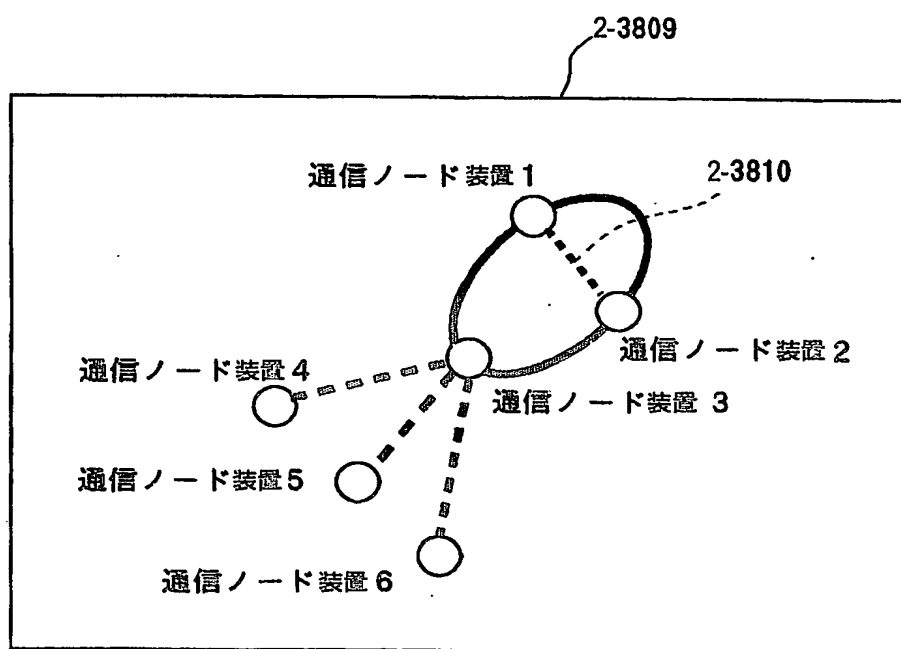


図 2-26

2-3811

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	1	16	0	C

2-3812



図 2-28

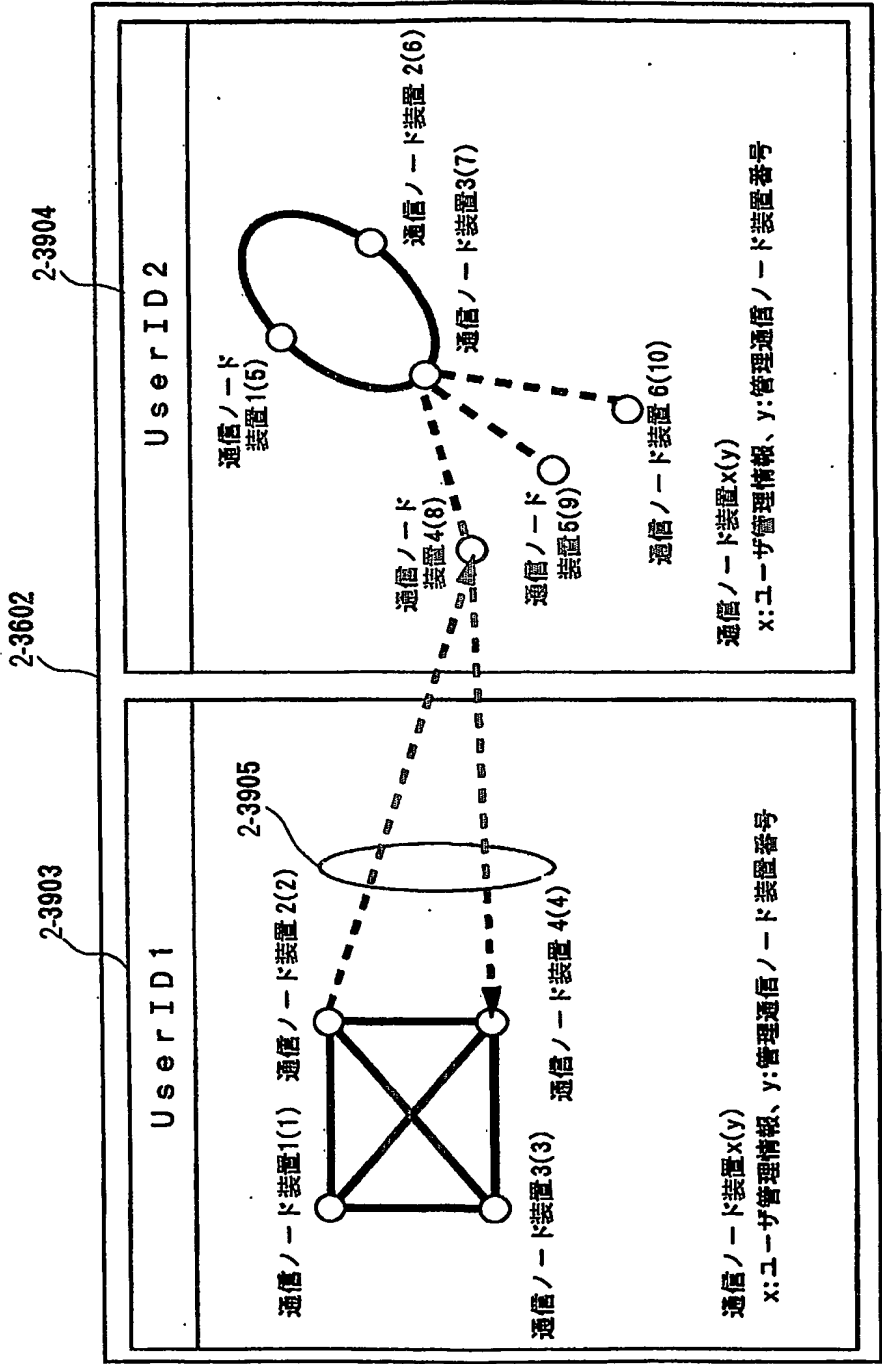


図 2-29

2-3906

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	0	0	12	0	A
1	2003.05	0	1	16	0	C
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	0	12	α	D

2-3907

2-3908



63/122

図 2-30

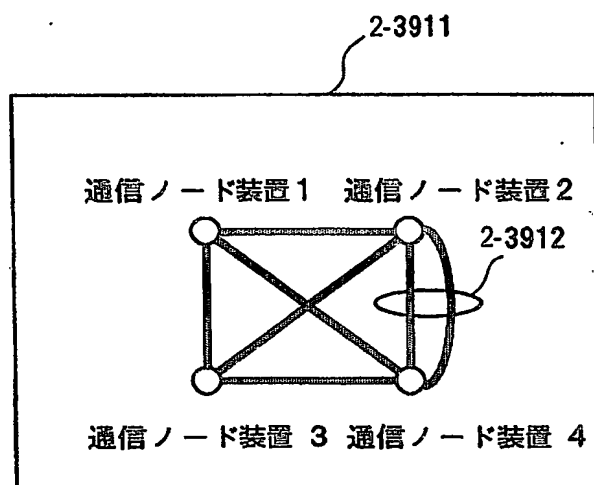
2-3909

2-3910

トポロジ種別	メッシュ 1				メッシュ 2				メッシュ 3				メッシュ 4			
ユーザ通信ノード装置番号	λ2				λ4				λ4				λ4			
使用波長	λ3				λ3				λ1				λ1			
対向通信ノード装置番号	2				3				4				1			
WDM送信状態	Ok				Ok				Ok				Ok			
WDM受信状態	Ok				Ok				Ok				Ok			
通信ノード装置接続状態	Ok				Ok				Ok				Ok			
ノードリンク数	3				4				3				4			
リンク帯域増速																
増速期間																

64/122

図 2 - 3 1



65/122

図 2-32

2-3913

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	12	0	A
1	2003.02	0	0	12	0	A
1	2003.03	0	0	12	0	A
1	2003.04	0	0	12	0	A
1	2003.05	0	1	16	0	C

2-3914

66/122

図 2-33

2-3915

ユーザID	年月	通信ノード装置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
2	2003.01	0	0	12	0	A
2	2003.02	0	0	12	0	A
2	2003.03	0	0	12	0	A
2	2003.04	0	0	12	0	A
2	2003.05	0	0	12	$\alpha$	D

3916

図 2-34

2-4001

トポロジ種別	リング		リング		リング		リング		リング	
管理通信ノード装置番号	1		2		3		4		4	
ユーザ通信ノード装置番号	1		2		3		4		4	
ユーザID	1		1		1		1		1	
使用波長	$\lambda\delta$	$\lambda\alpha$	$\lambda\alpha$	$\lambda\beta$	$\lambda\beta$	$\lambda\gamma$	$\lambda\gamma$	$\lambda\delta$	$\lambda\gamma$	$\lambda\delta$
対向通信ノード装置番号	1	2	1	3	2	4	3	1	3	1
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ノードリンク数	2		2		2		2		2	
リンク帯域増速										
増速期間										

68/122

図 2-35

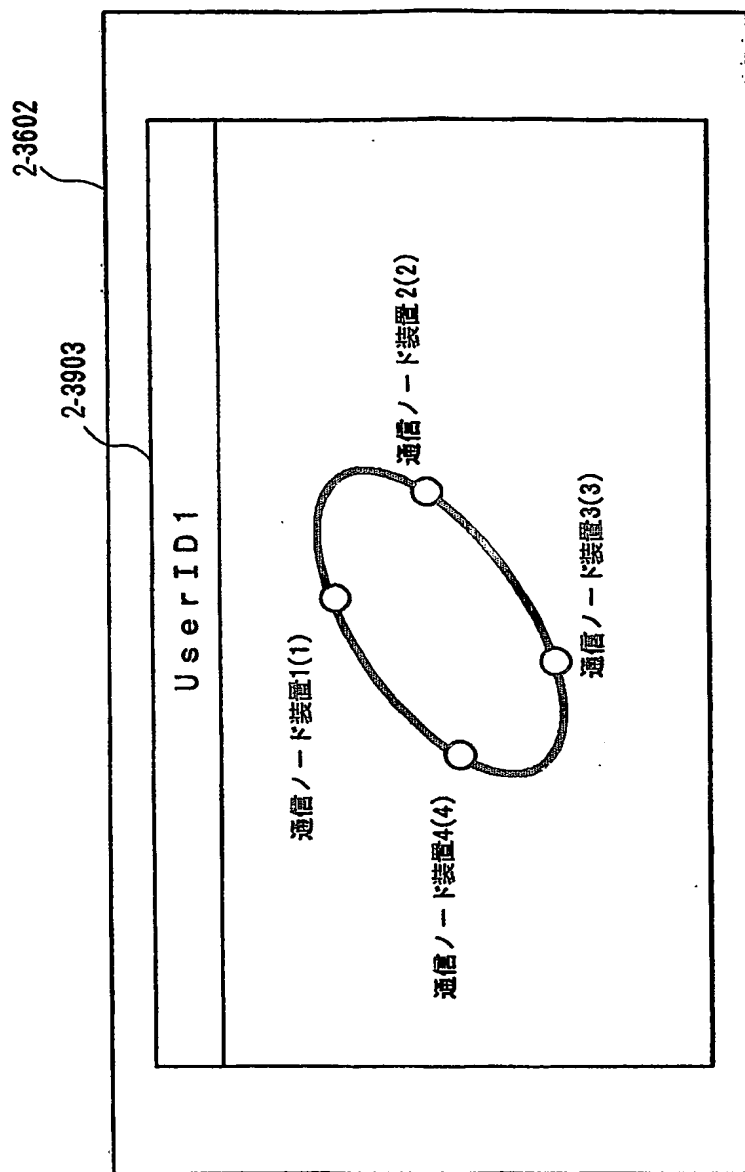


図 2-36

2-4003

トポロジ種別	リング		リング		リング		リング		リング	
ユーザ通信ノード装置番号	1		2		3		4			
使用波長	$\lambda\delta$	$\lambda\alpha$	$\lambda\alpha$	$\lambda\beta$	$\lambda\beta$	$\lambda\gamma$	$\lambda\gamma$	$\lambda\delta$		
対向通信ノード装置番号	1	2	1	3	2	4	3	1		
WDM送信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k		
WDM受信状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k		
通信ノード装置接続状態	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k	0k		
ノードリンク数	2		2		2		2			
リンク帯域増速										
増速期間										

図 2-37

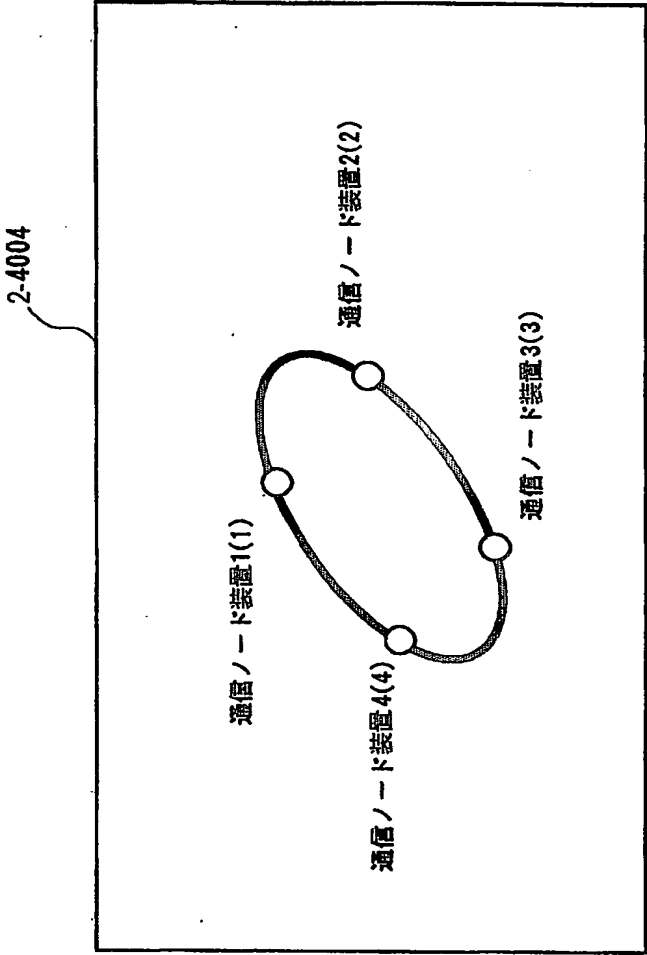




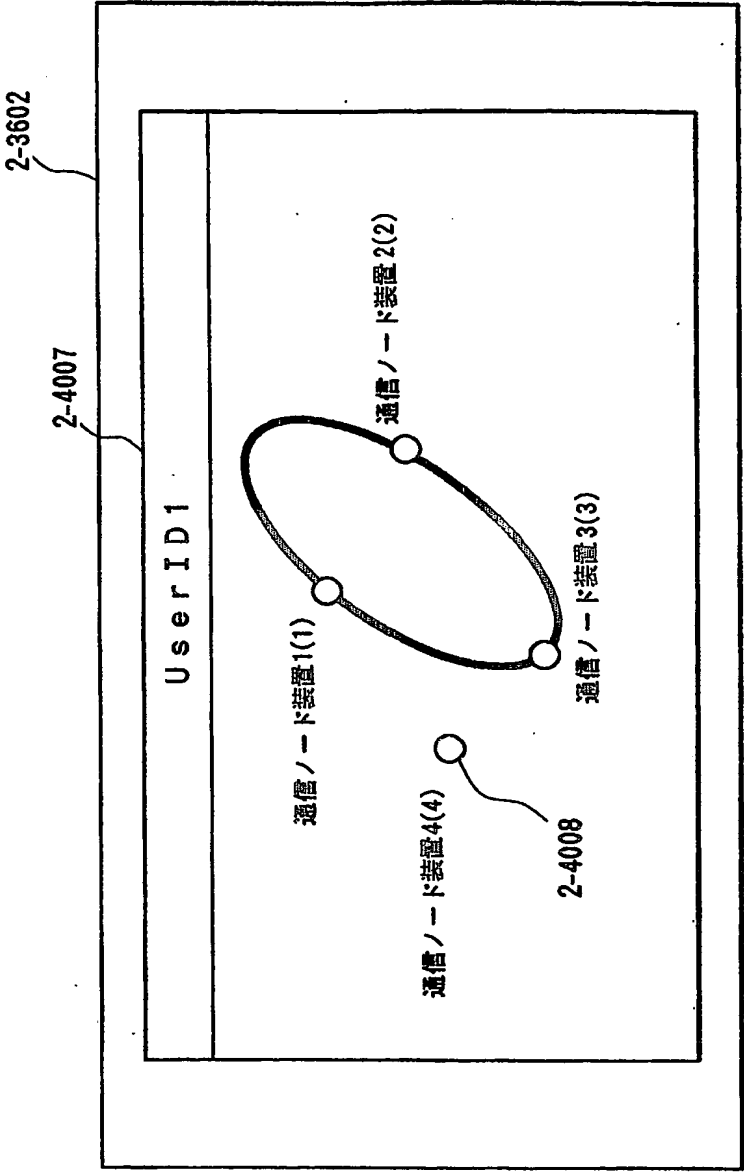
図 2-38

2-4005

トポロジ種別	リング	リング	リング	リング	リング
管理通信ノード装置番号	1	2	3	4	
ユーザ通信ノード装置番号	1	2	3	4	
ユーザID	1	1	1	1	
使用波長	$\lambda\delta$	$\lambda\alpha$	$\lambda\beta$	$\lambda\gamma$	$\lambda\delta$
対向通信ノード装置番号	1	2	3	4	1
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Off
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	NG
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ノードリンク数	2	2	2	2	0
リンク帯域増速					
増速期間					

2-4006

図 2-39



73/122

図 2-40

2-4009

ユーザID	年月	通信ノード設置増減数	帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	8	0	E
1	2003.02	0	0	8	0	E
1	2003.03	0	0	8	0	E
1	2003.04	0	0	8	0	E
1	2003.05	-1	0	6	0	F

2-4010

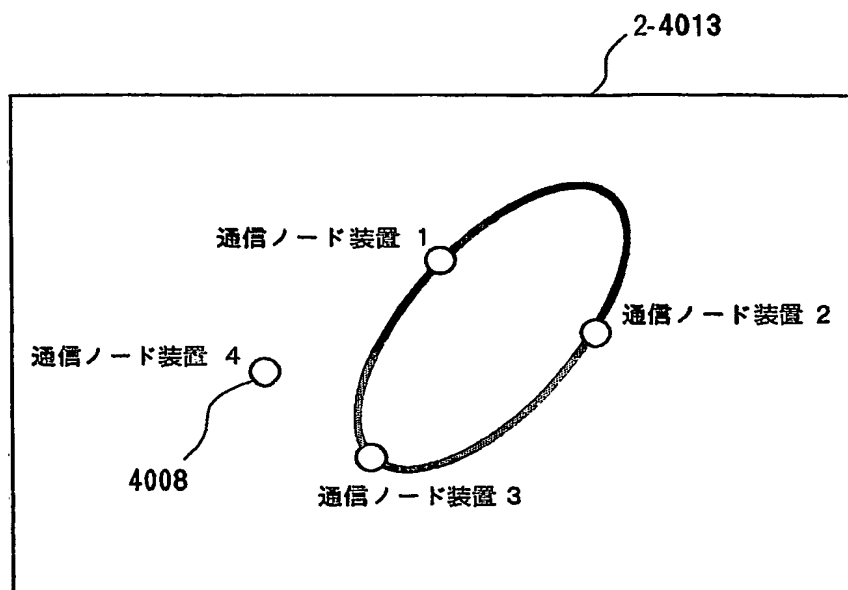
図 2-41

2-4011

トポロジ種別	リング 1		リング 2		リング 3		リング 4	
ユーザ通信ノード装置番号	λδ		λα		λβ		λγ	
使用波長	1	2	1	3	2	4	λγ	λδ
対向通信ノード装置番号	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
WDM送信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
WDM受信状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
通信ノード装置接続状態	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
ノードリンク数	2		2		2		0	
リンク帯域増速								
増速期間								

75/122

図 2 - 4 2



76/122

図 2-43

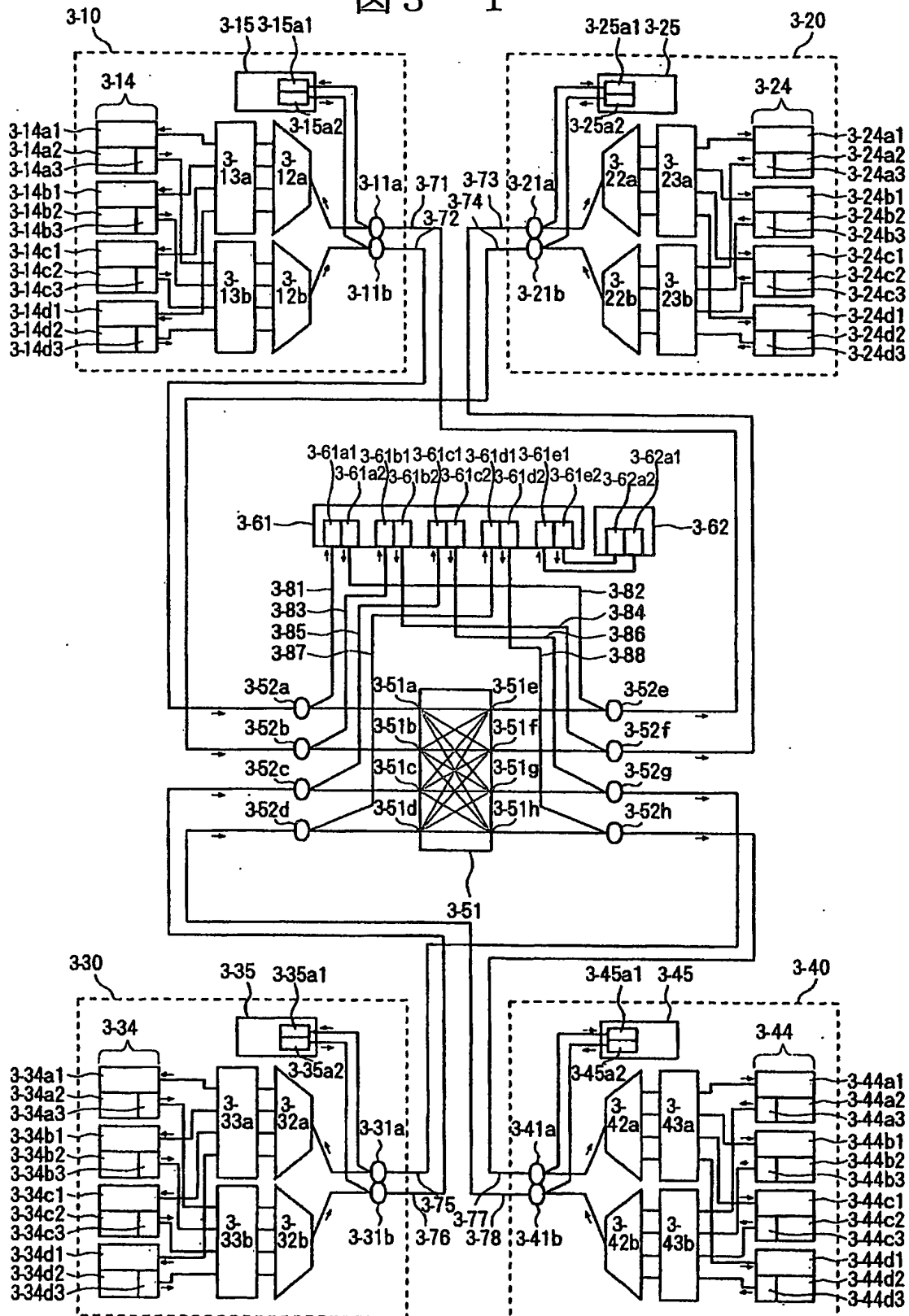
2-4014

ユーザID	年月		帯域増速数	波長リンク総数	割引	料金
1	2003.01	0	0	8	0	E
1	2003.02	0	0	8	0	E
1	2003.03	0	0	8	0	E
1	2003.04	0	0	8	0	E
1	2003.05	-1	0	6	0	F

2-4015

77/122

図 3-1



78/122

図 3 - 2 A

出力ポート 入力ポート	1 (3-51e)	2 (3-51f)	3 (3-51g)	4 (3-51h)
1 (3-51a)	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
2 (3-51b)	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
3 (3-51c)	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4 (3-51d)	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$

図 3 - 2 B

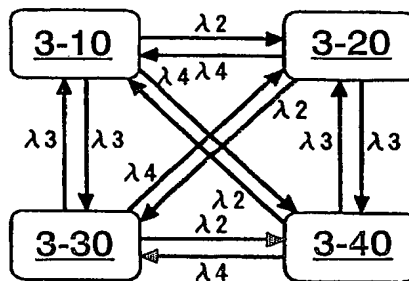
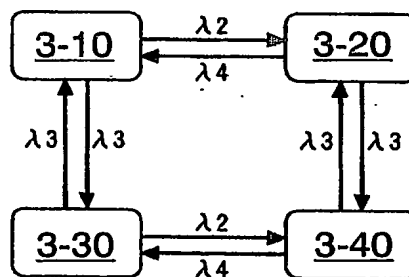


図 3 - 3 A

出力ポート 入力ポート	1 (3-51e)	2 (3-51f)	3 (3-51g)	4 (3-51h)
1 (3-51a)	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
2 (3-51b)	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
3 (3-51c)	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4 (3-51d)	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$

図 3 - 3 B





79/122

図 3 - 4

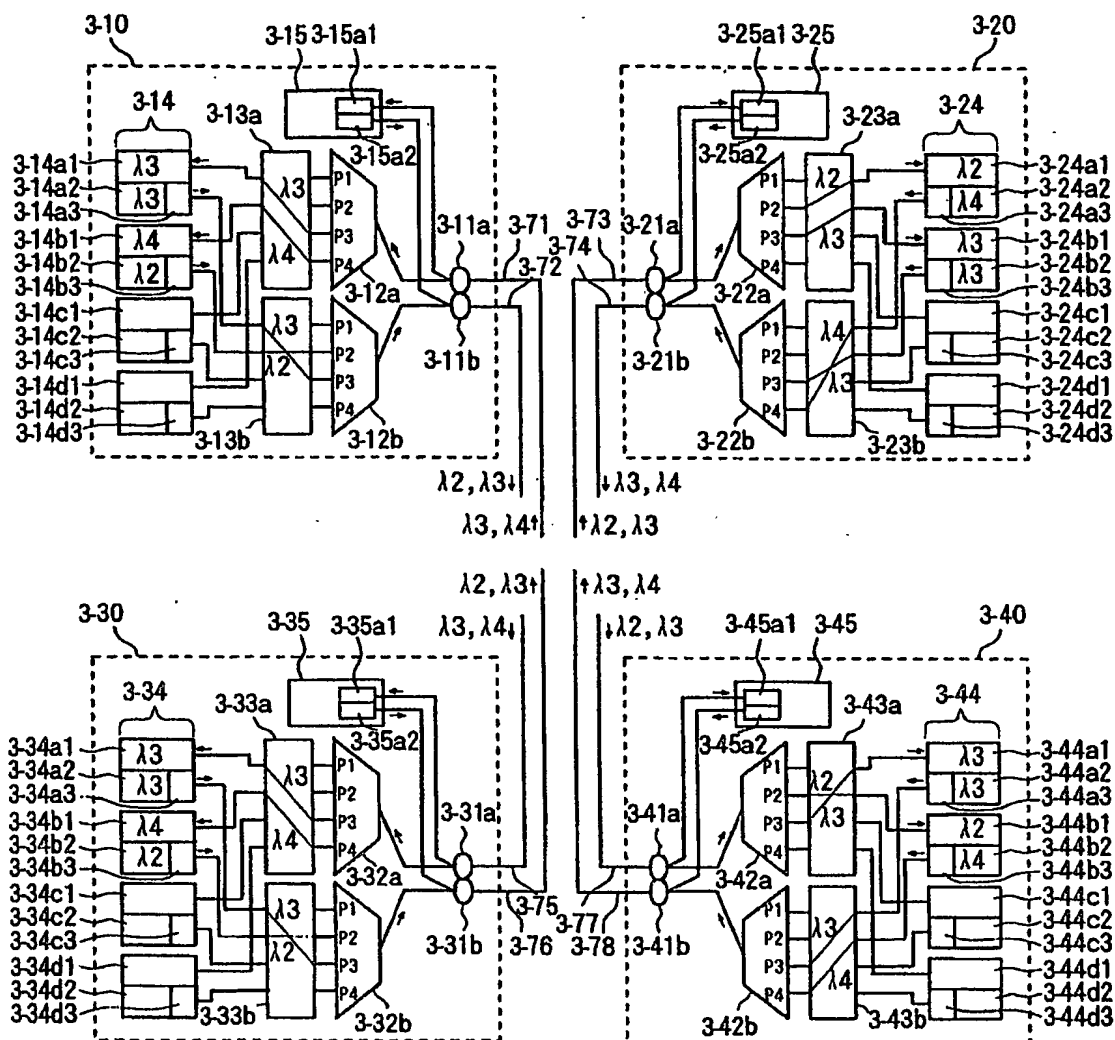
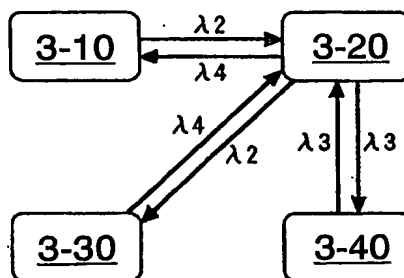


図 3 - 5 A

出力ポート 入力ポート	1 (3-51e)	2 (3-51f)	3 (3-51g)	4 (3-51h)
1 (3-51a)	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
2 (3-51b)	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
3 (3-51c)	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4 (3-51d)	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$

図 3 - 5 B



80/122

図 3 - 6

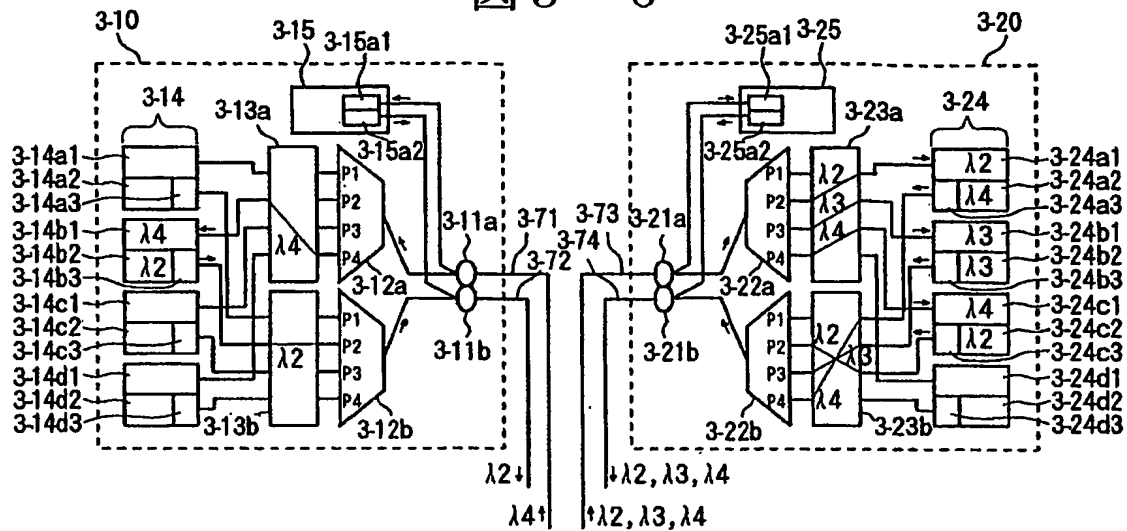
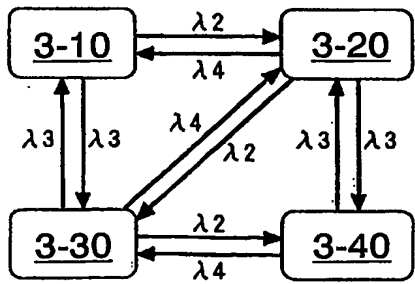


図 3 - 7 A

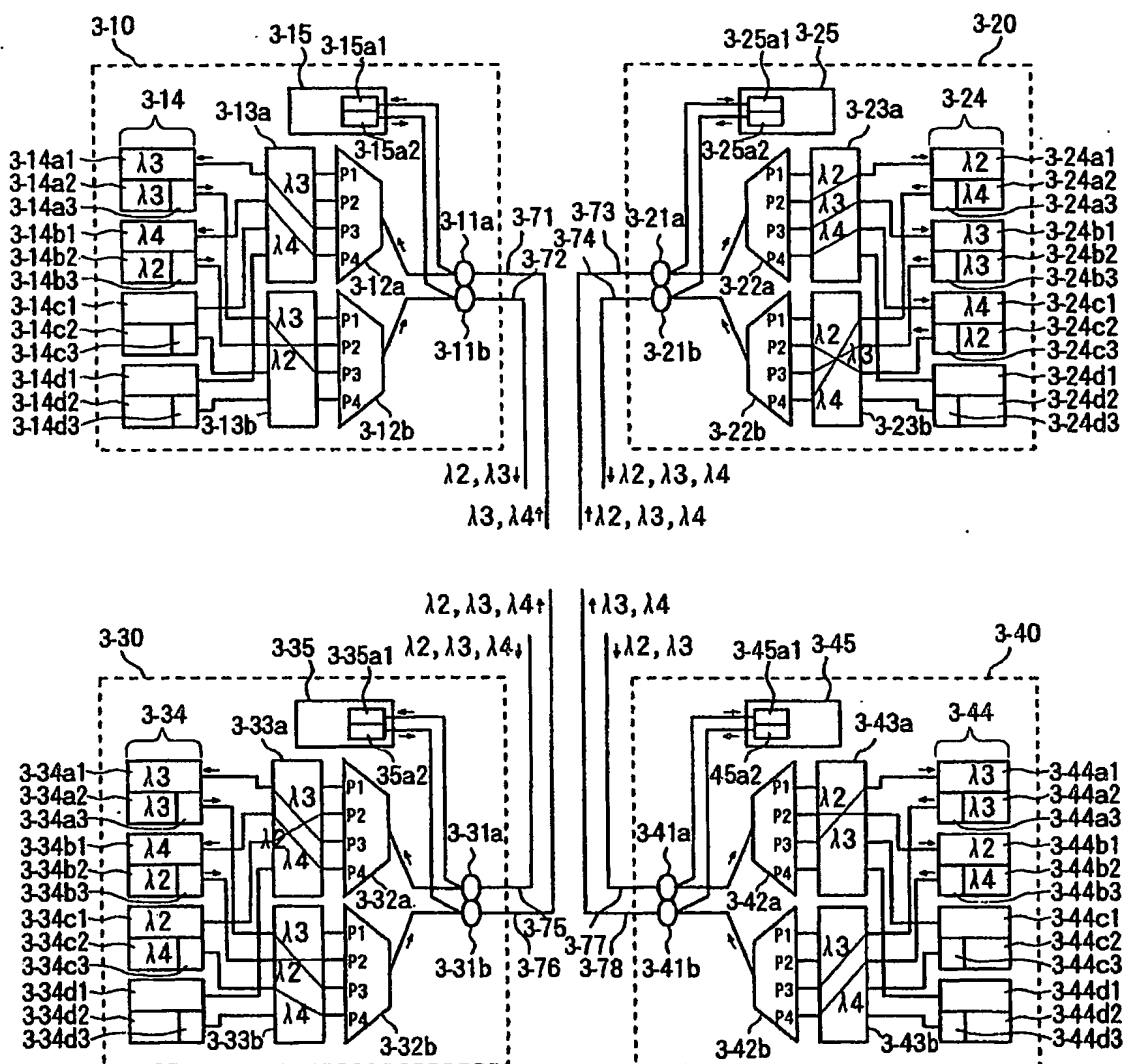
出力ポート 入力ポート	1 (3-51e)	2 (3-51f)	3 (3-51g)	4 (3-51h)
1 (3-51a)	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
2 (3-51b)	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
3 (3-51c)	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
4 (3-51d)	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$

図 3 - 7 B



81/122

図 3 - 8



82/122

図 3 - 9

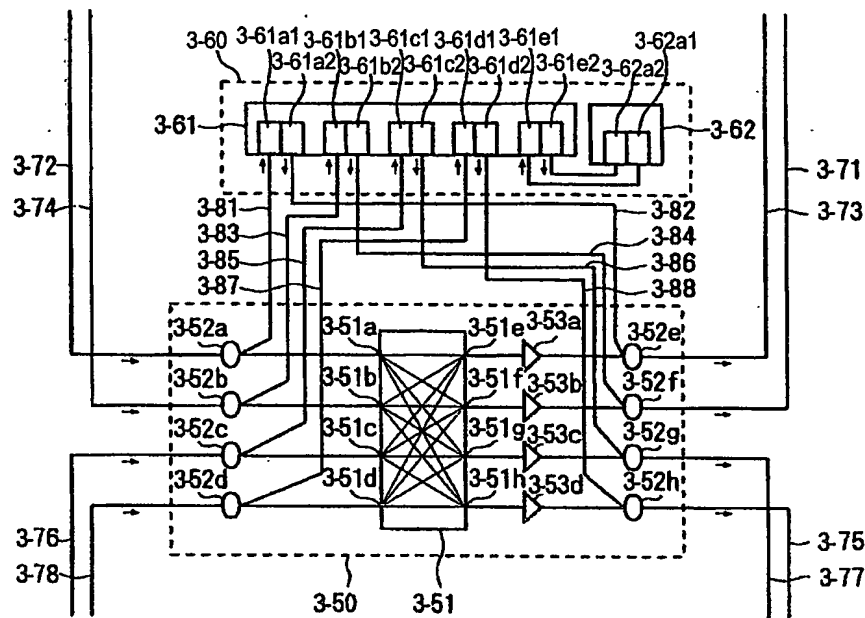
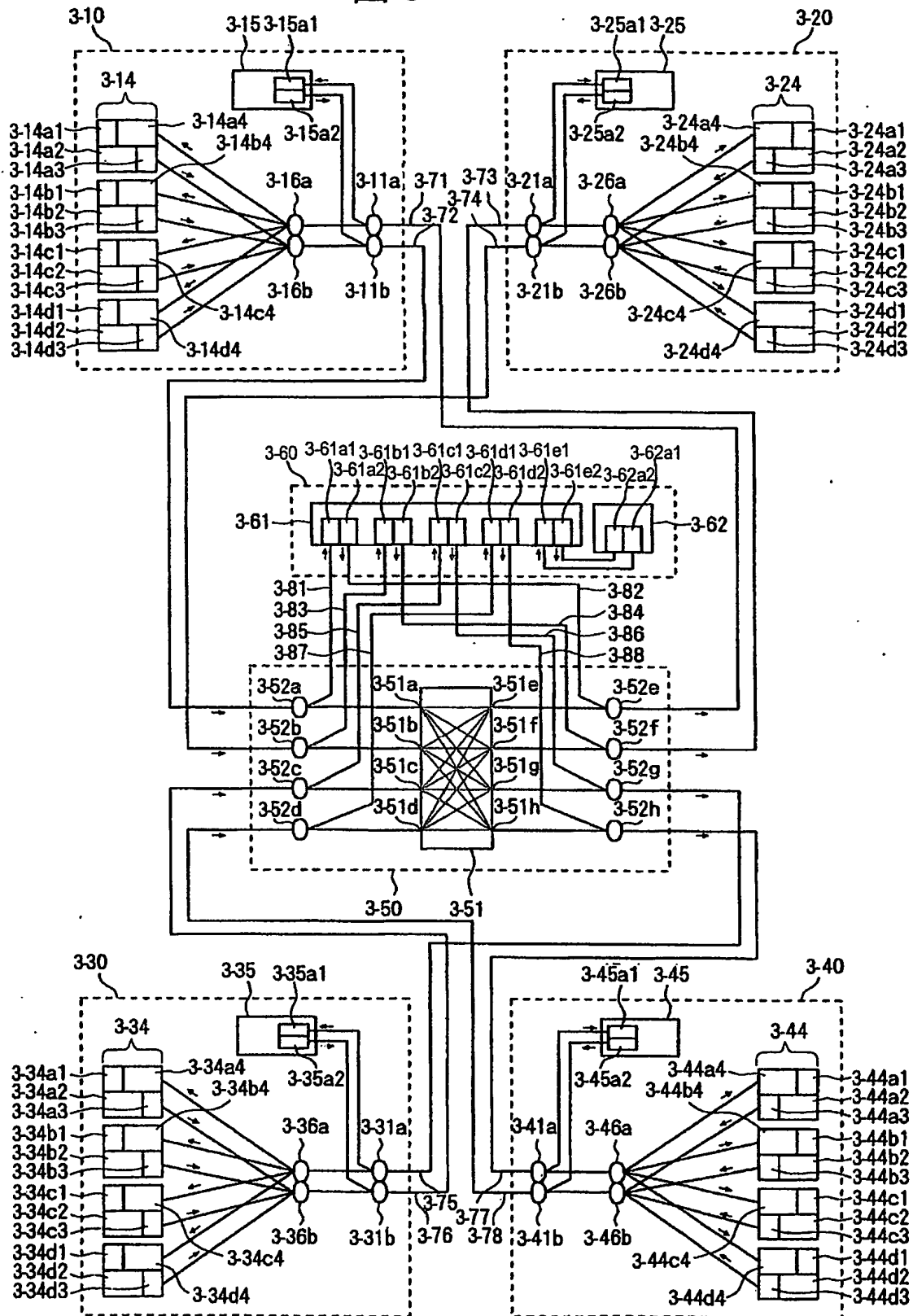


図 3 - 1 0

出力ポート 入力ポート	1 (3-51e)	2 (3-51f)	3 (3-51g)	4 (3-51h)
1 (3-51a)	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
2 (3-51b)	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
3 (3-51c)	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$
4 (3-51d)	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$

83/122

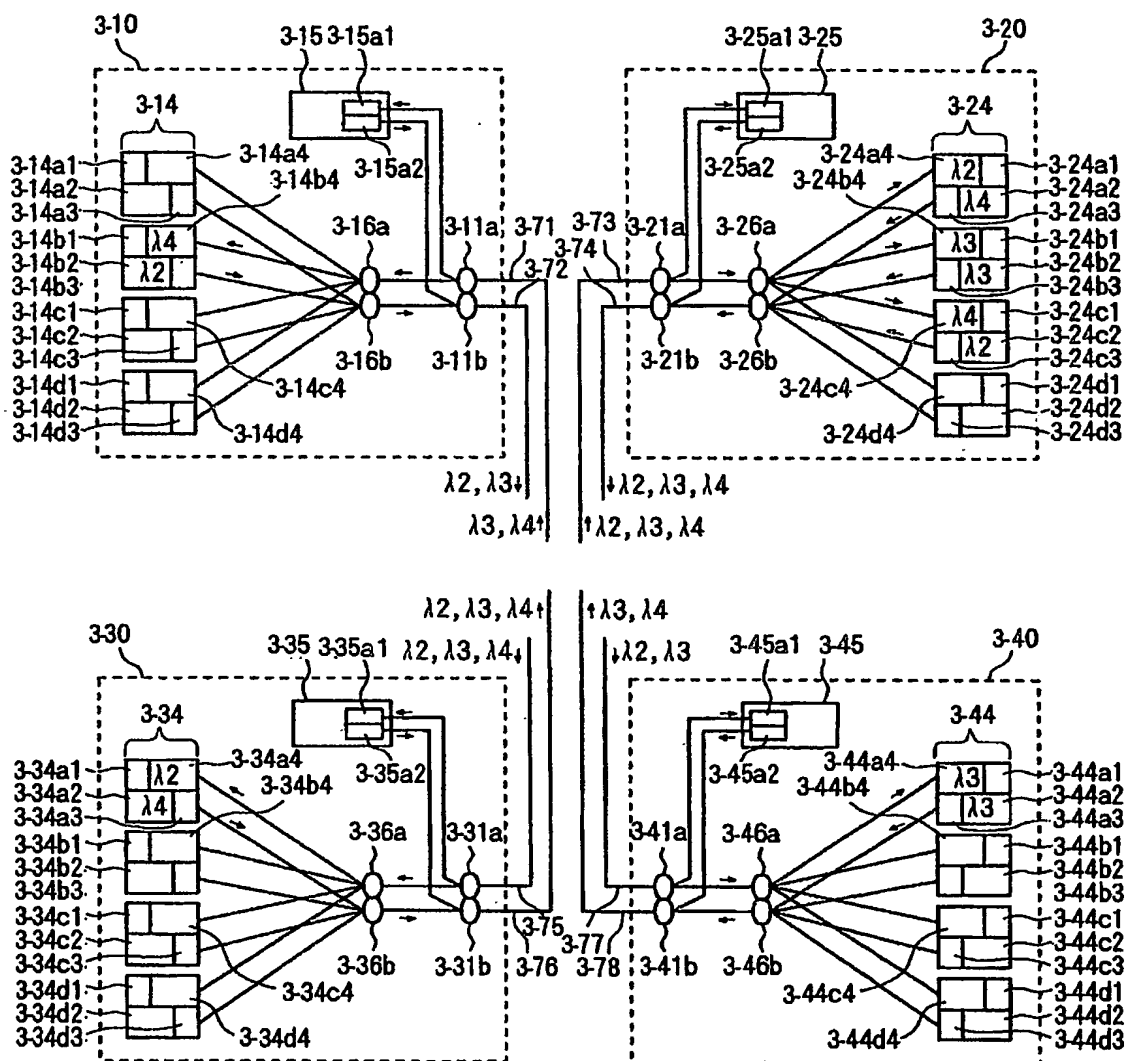
図 3 - 1 1





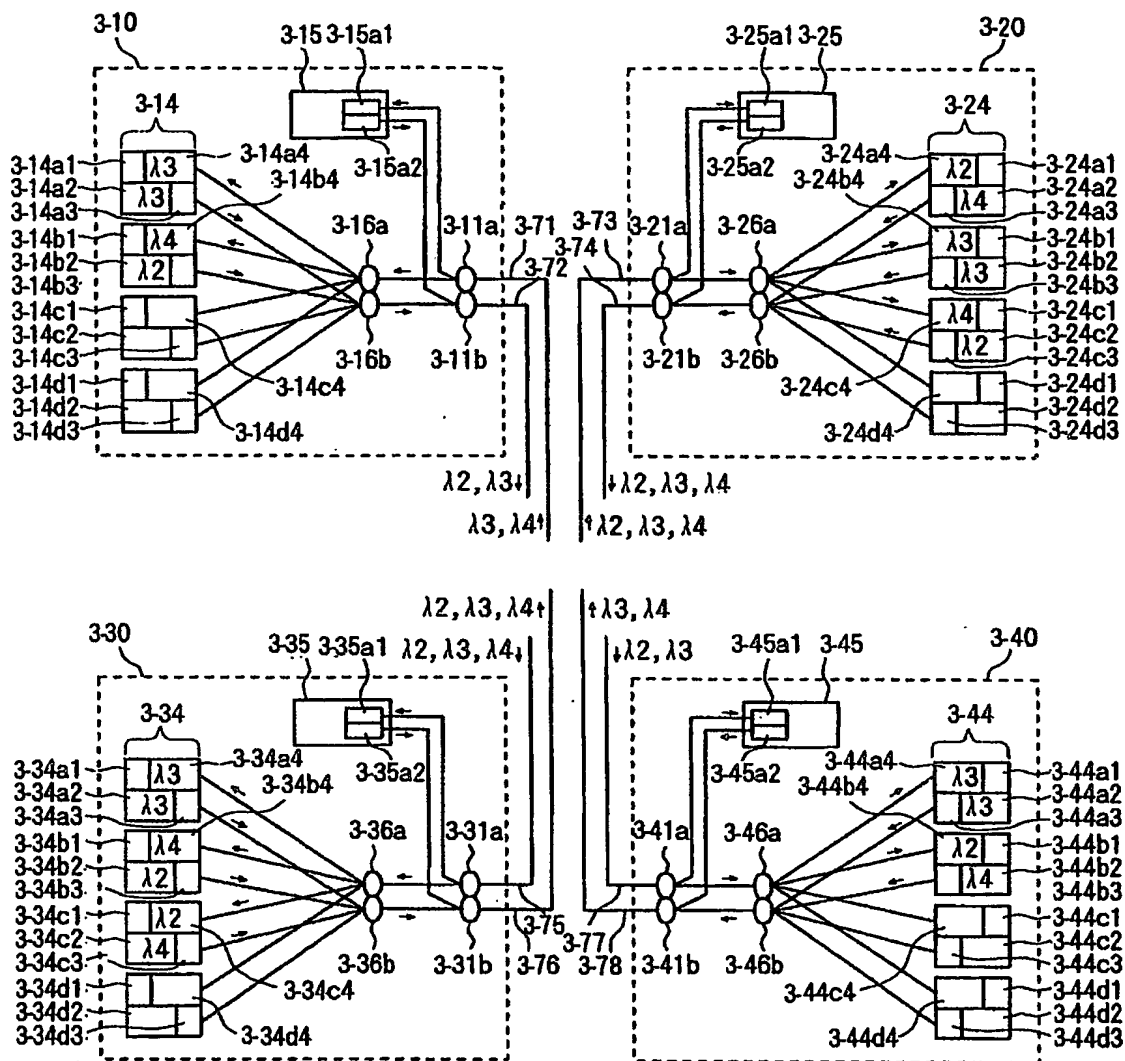
85/122

図 3 - 1 3



86/122

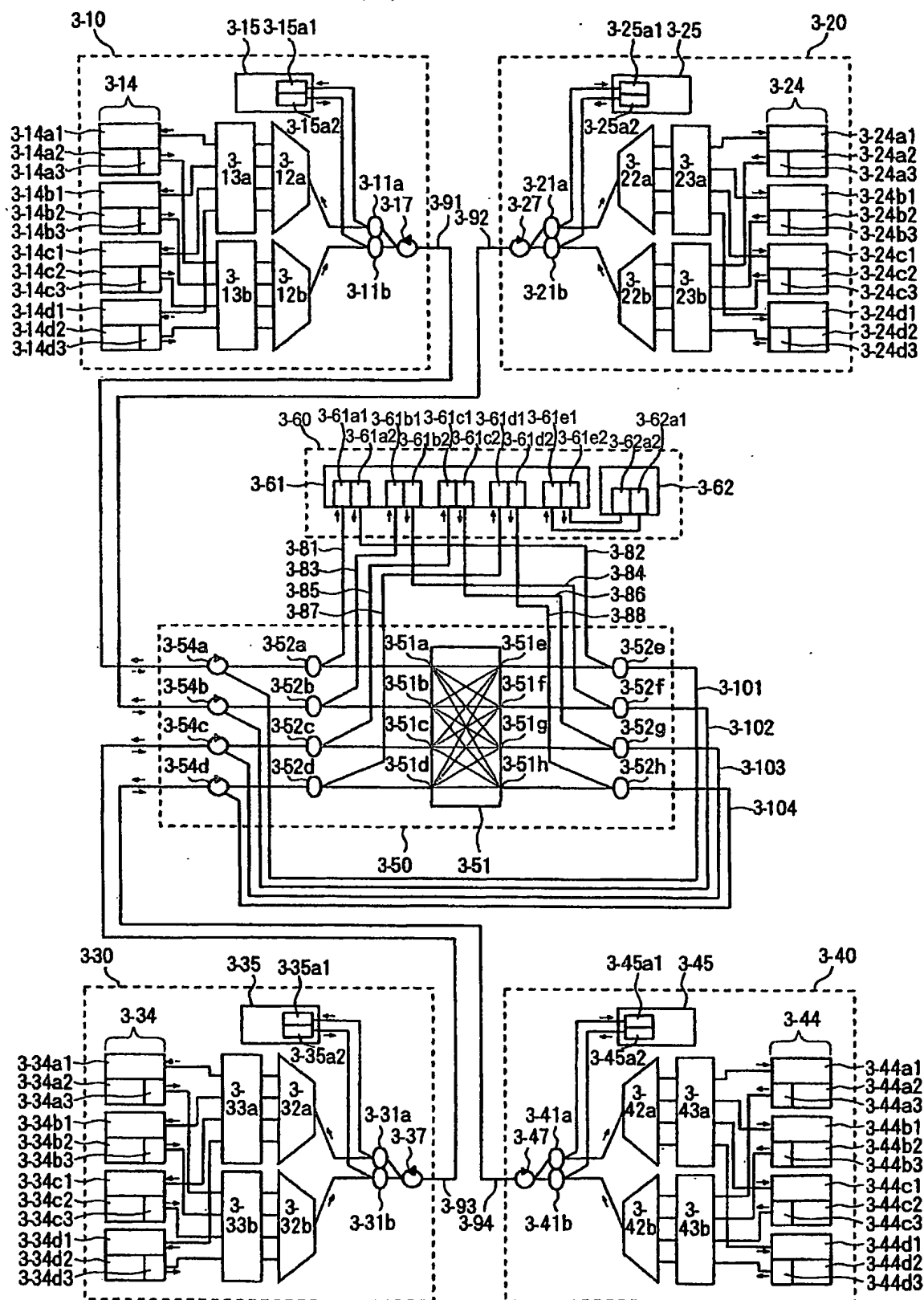
図 3-14





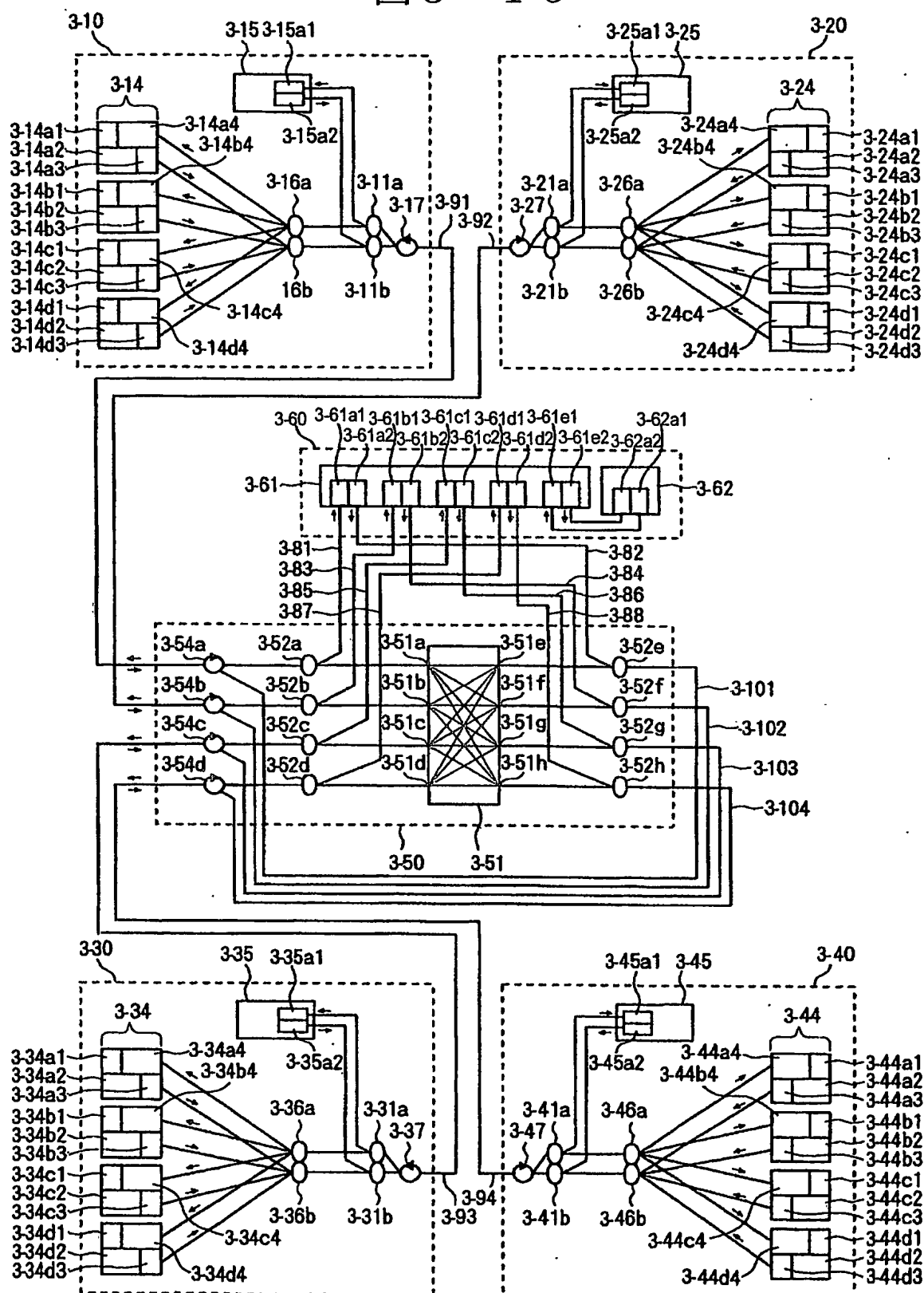
87/122

図 3-15



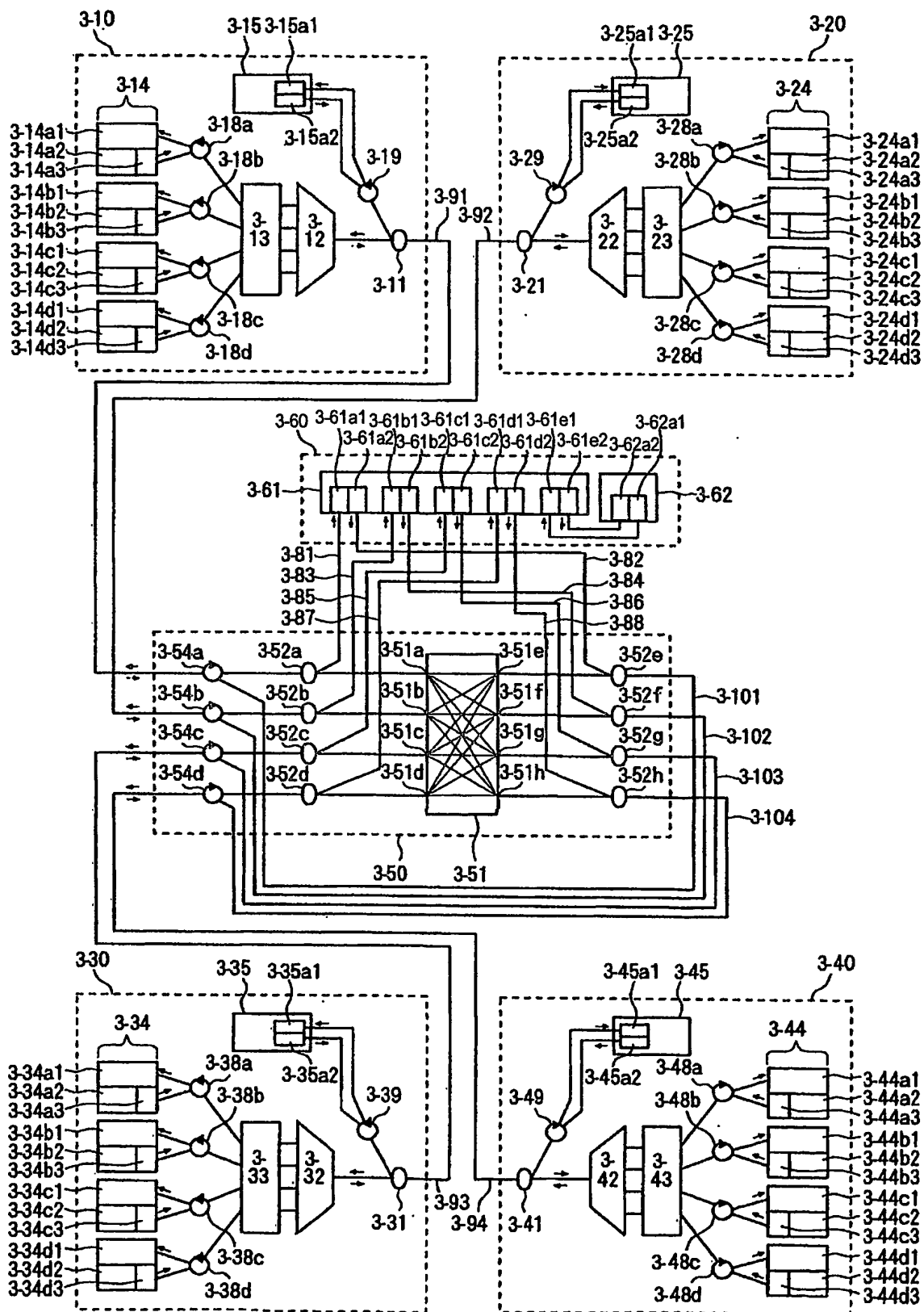
88/122

図 3-16



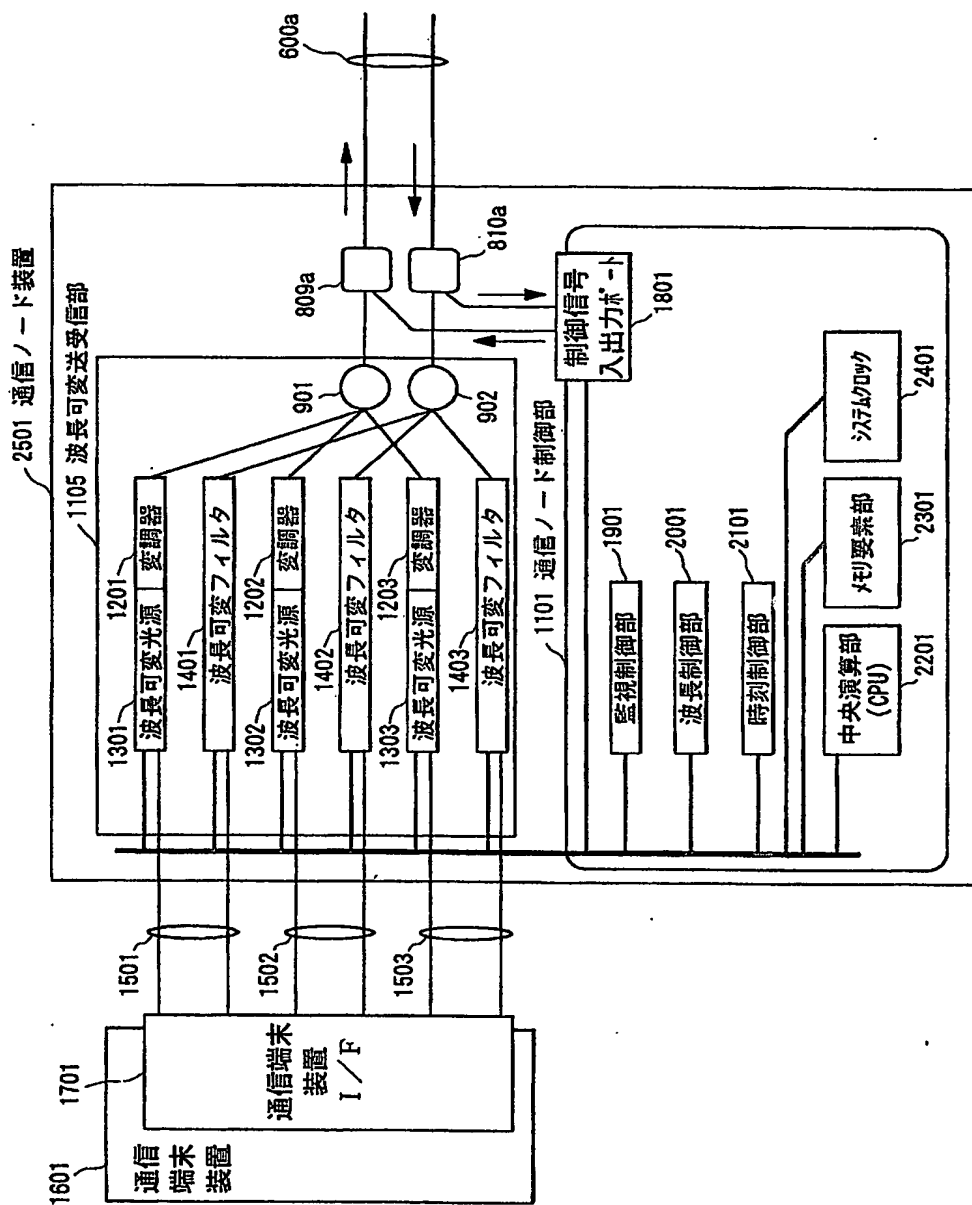
89/122

图 3-17

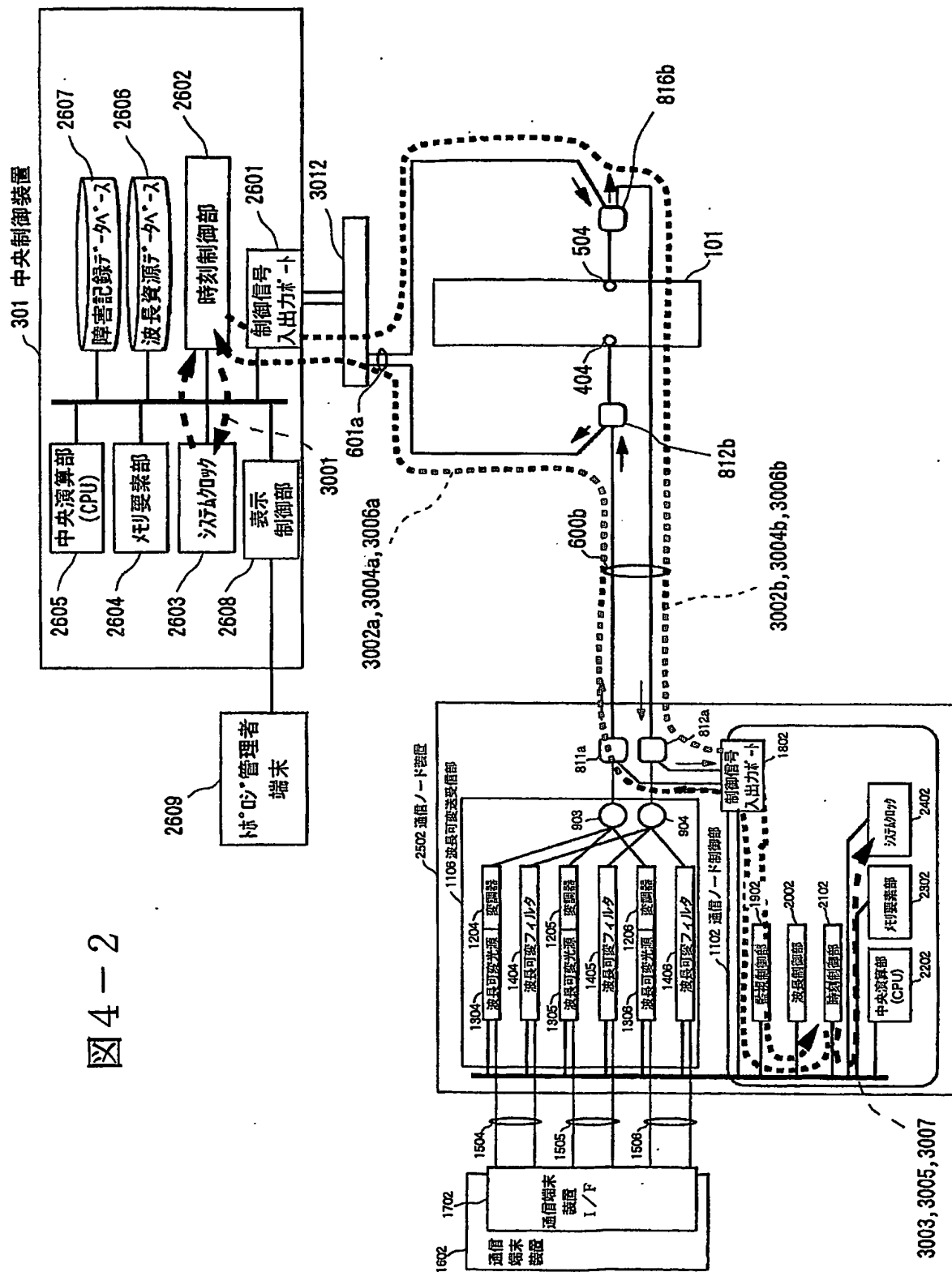


90/122

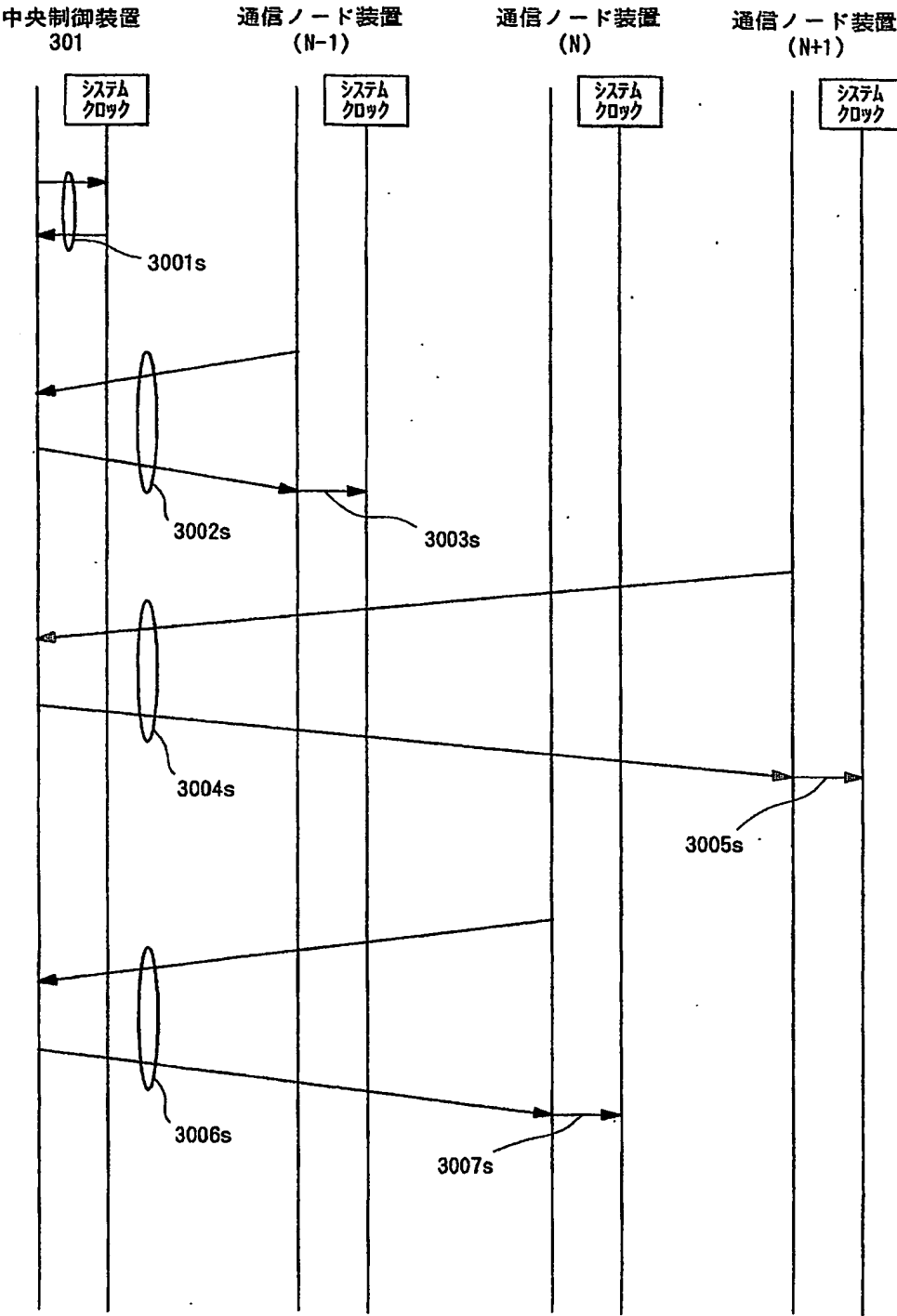
図4-1



4-2

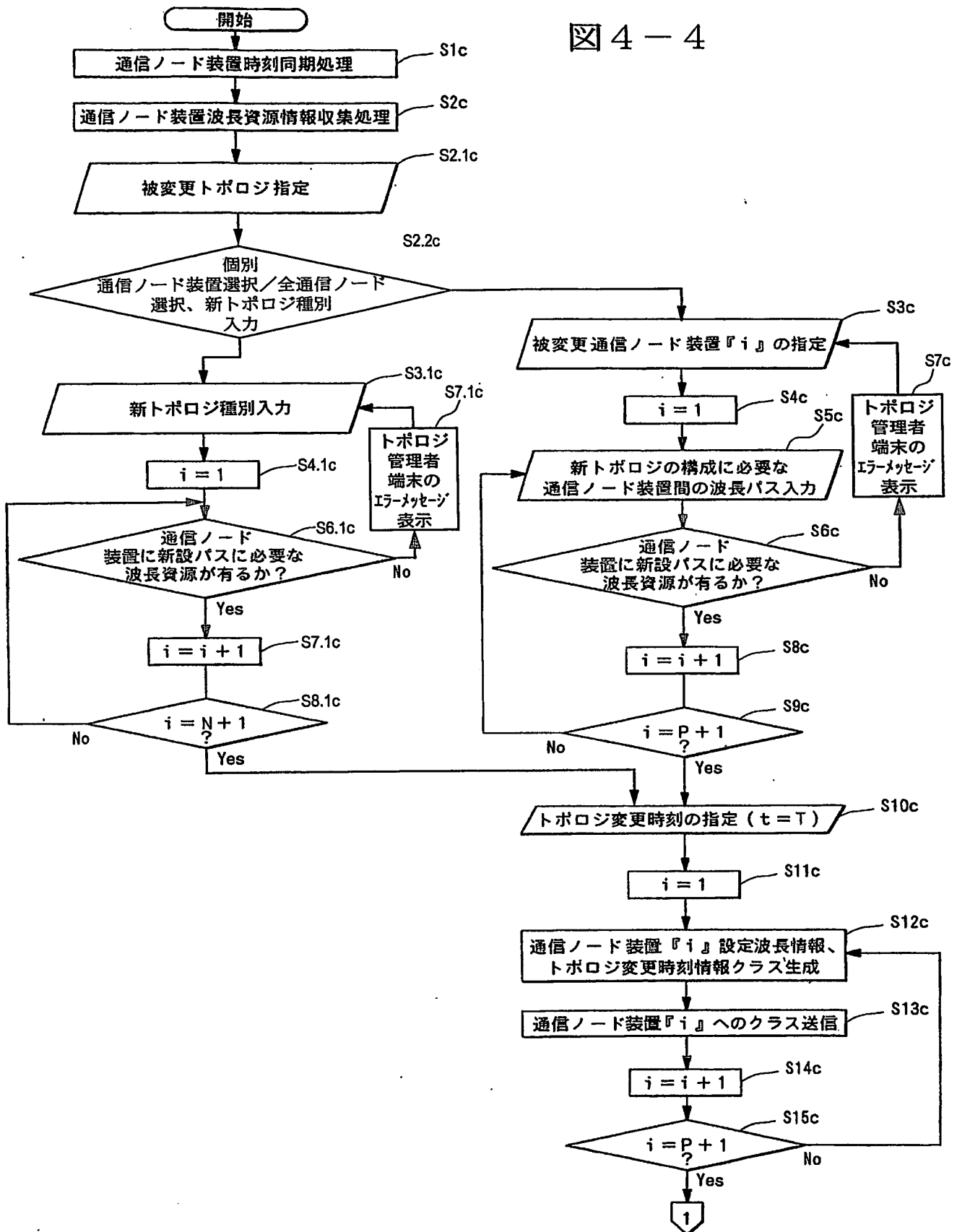


92/122  
図 4 - 3



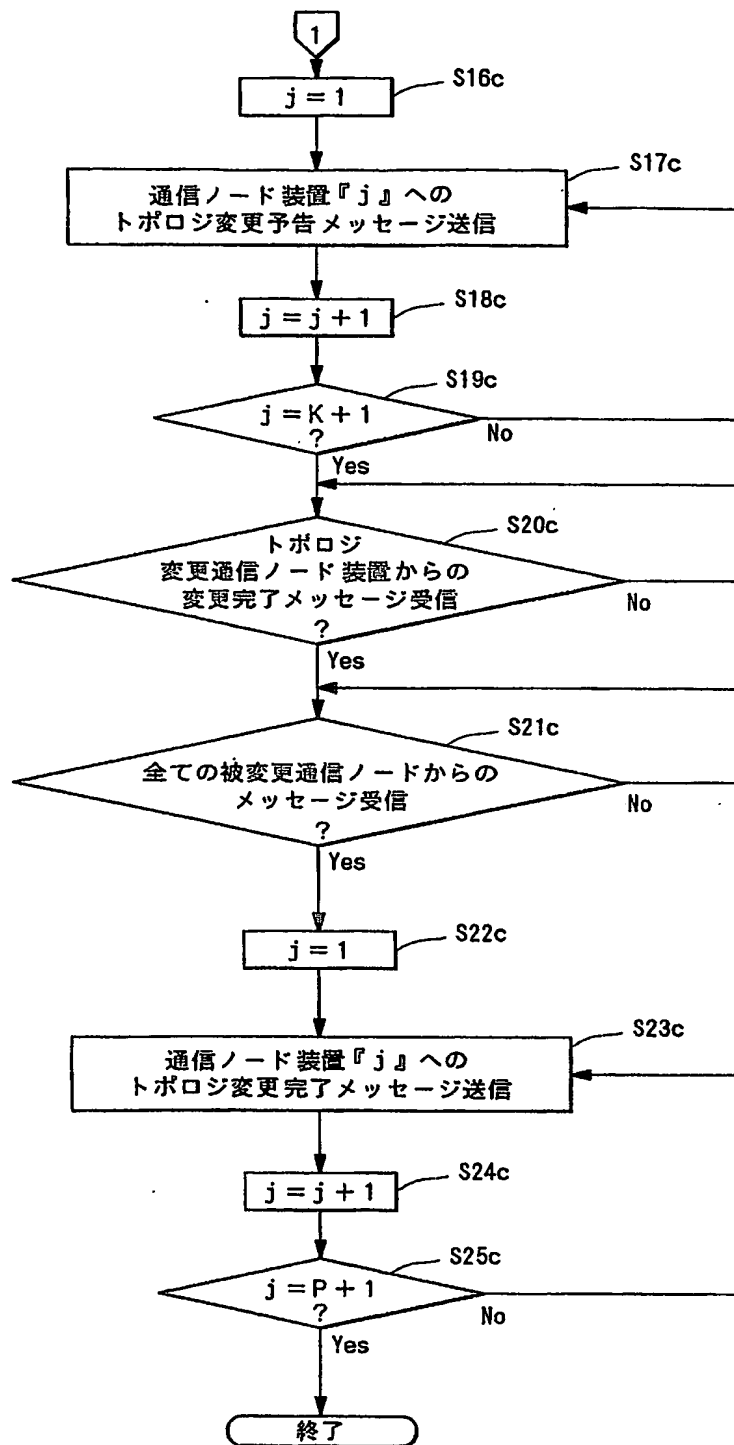
93/122

圖 4-4



94/122

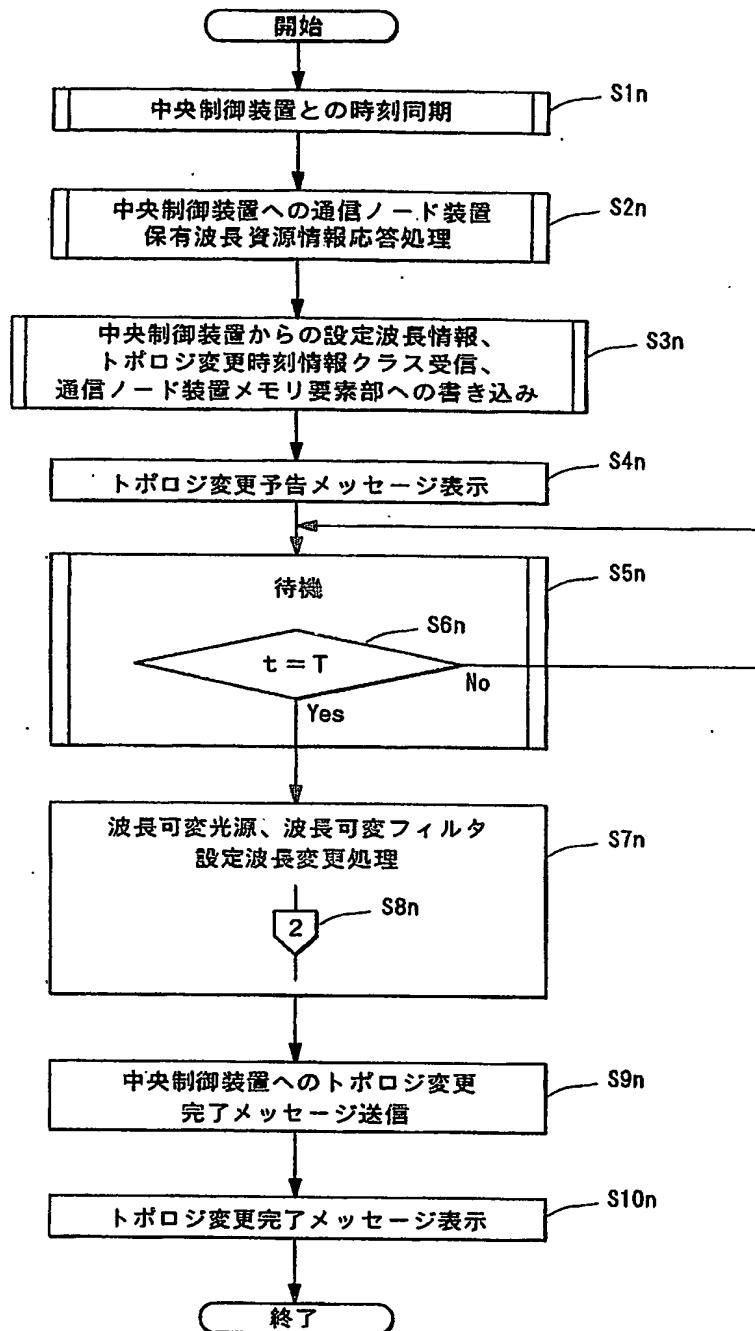
図 4 - 5





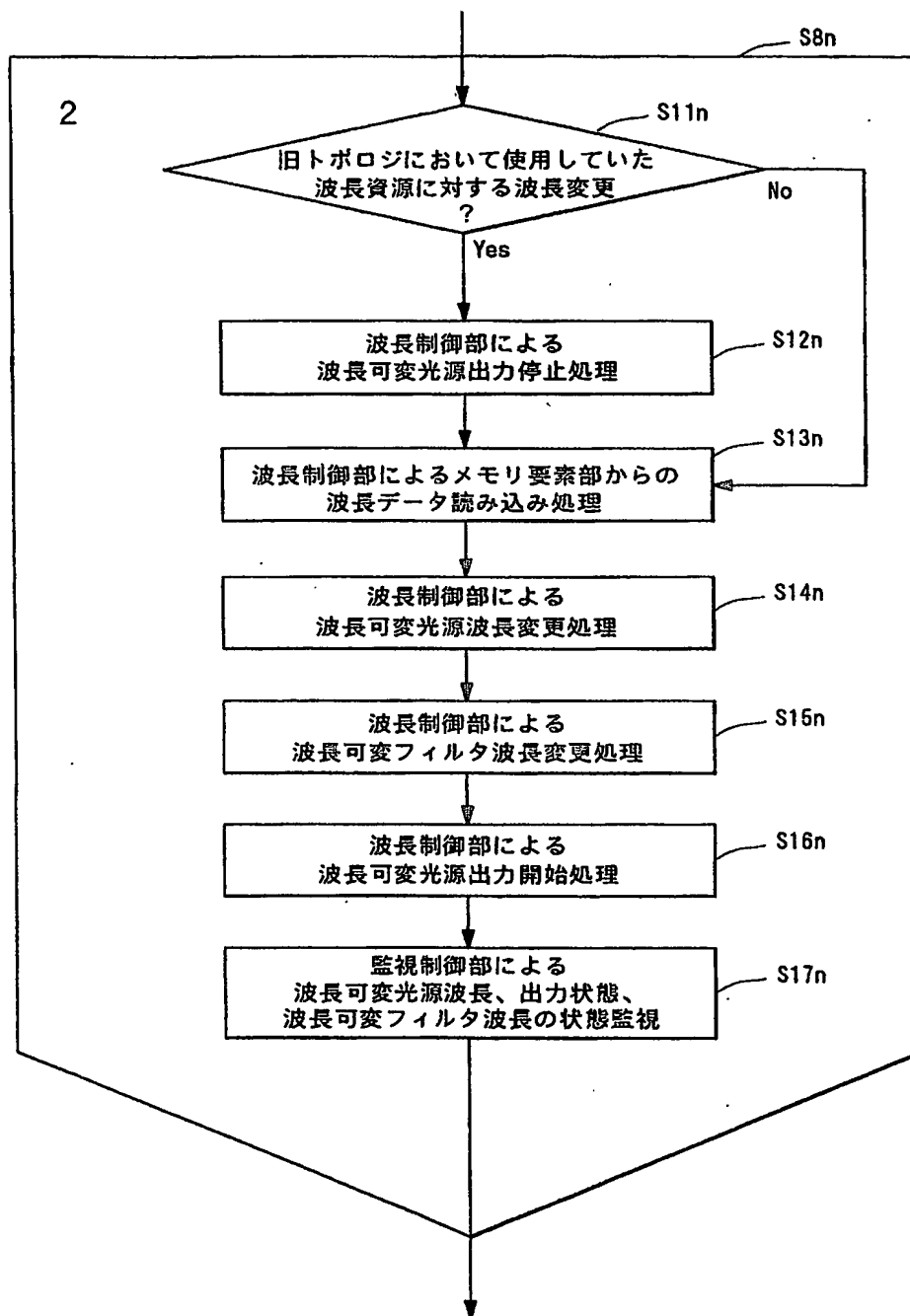
95/122

図 4 - 6



96/122

図 4 - 7



97/122

図 4 - 8

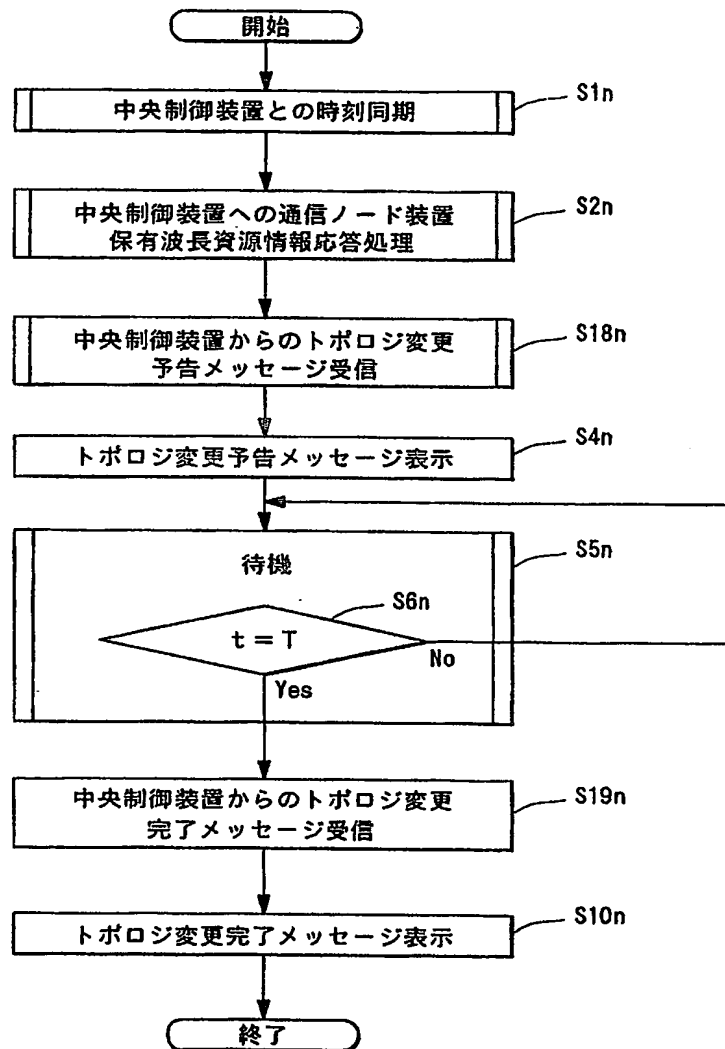


図 4 - 9

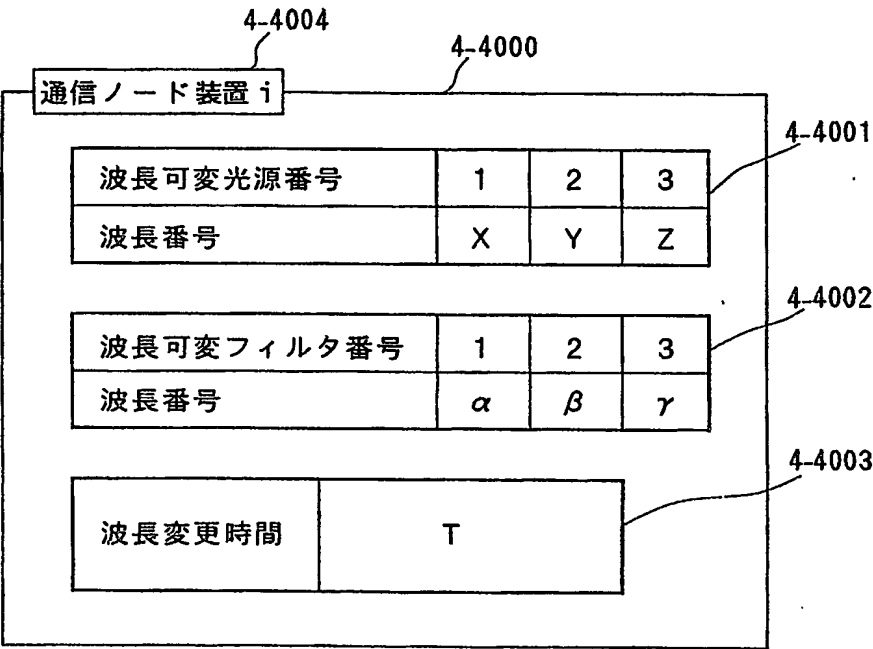
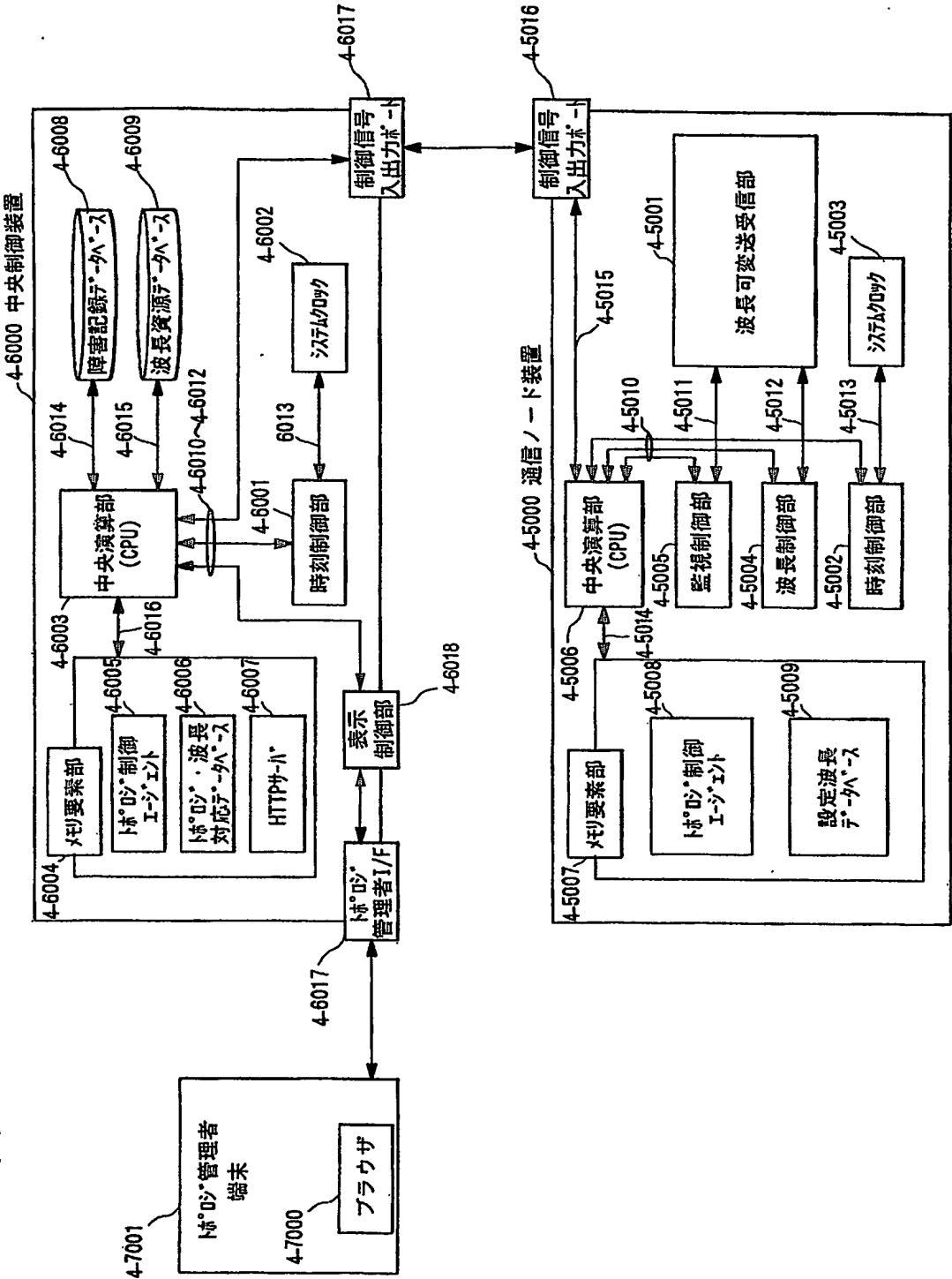
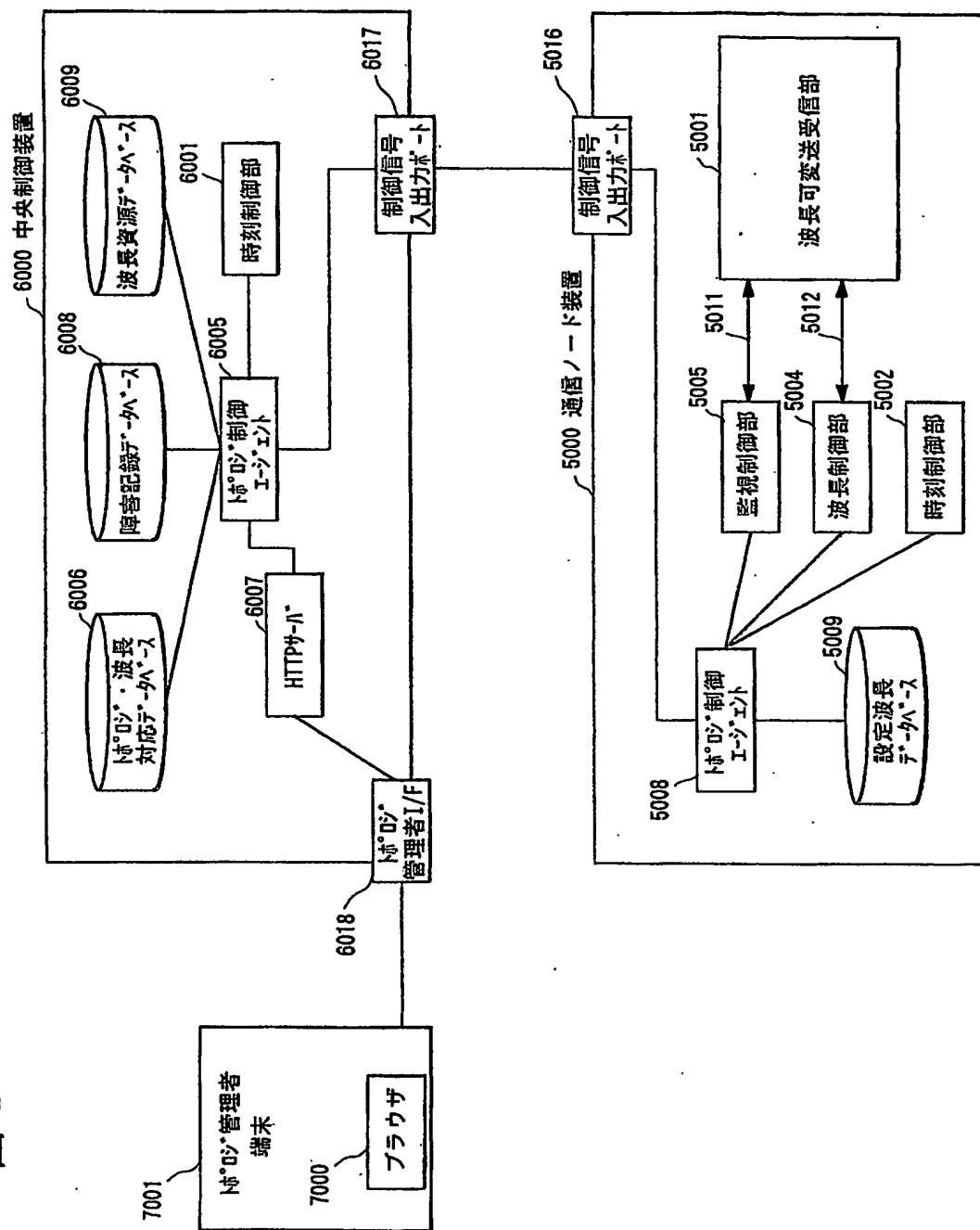


図 4-10



11-4图



101/122

図 4 - 1 2

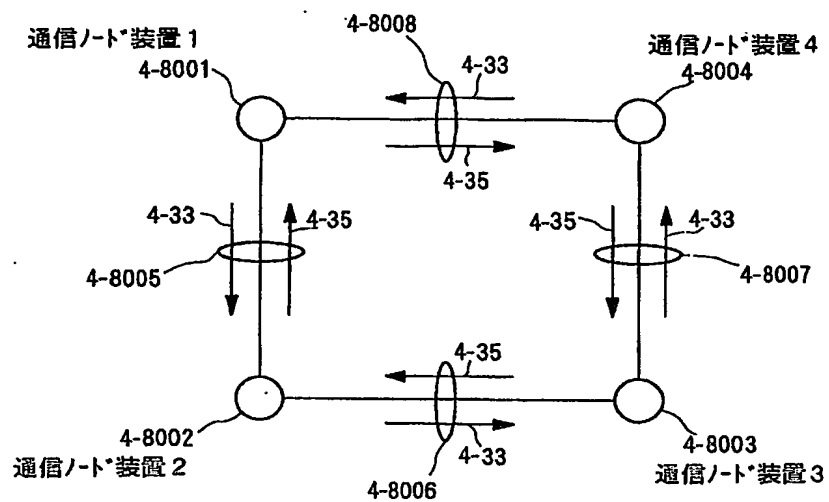


図 4 - 1 3

4-9000

	1	2	3	4
1	3 2	3 3 (4-9001)	3 4	3 5 (4-9002)
2	3 5 (4-9003)	3 2	3 3 (4-9004)	3 4
3	3 4	3 5 (4-9005)	3 2	3 3 (4-9006)
4	3 3 (4-9007)	3 4	3 5 (4-9008)	3 2

102/122

図 4 - 1 4

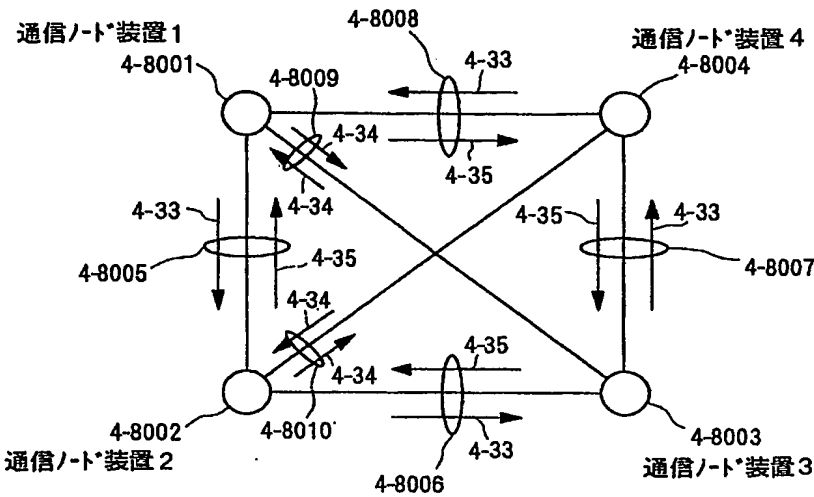


図 4 - 1 5

4-9000

	1	2	3	4
1	3 2	3 3 (4-9001)	3 4 (4-9009)	3 5 (4-9002)
2	3 5 (4-9003)	3 2	3 3 (4-9004)	3 4 (4-9010)
3	3 4 (4-9011)	3 5 (4-9005)	3 2	3 3 (4-9006)
4	3 3 (4-9007)	3 4 (4-9012)	3 5 (4-9008)	3 2



103/122

図 4 - 1 6

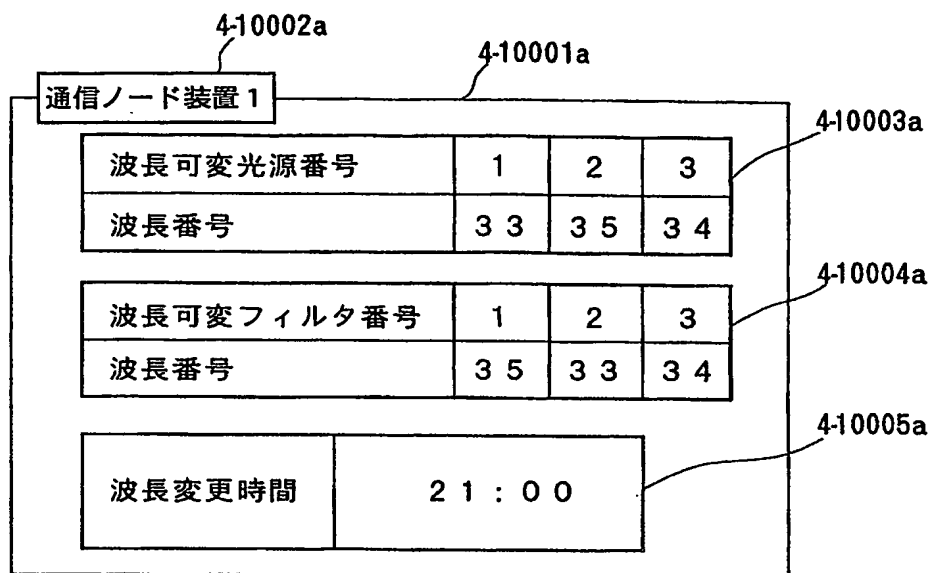
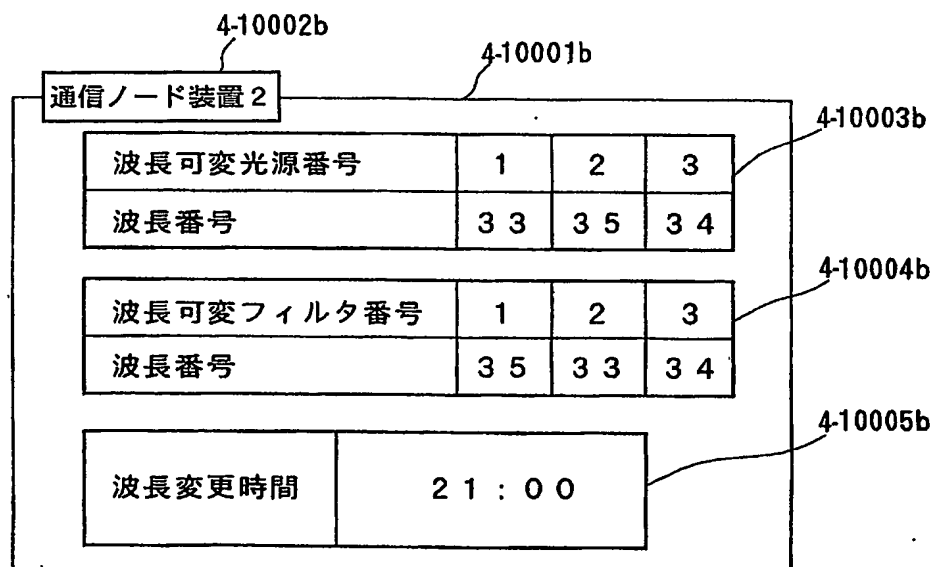


図 4 - 1 7



104/122

図 4 - 1 8

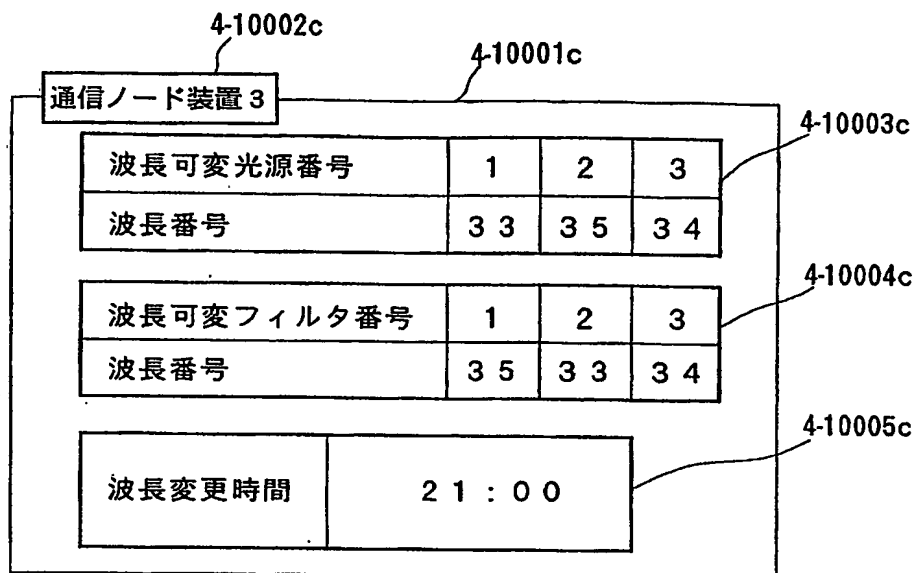
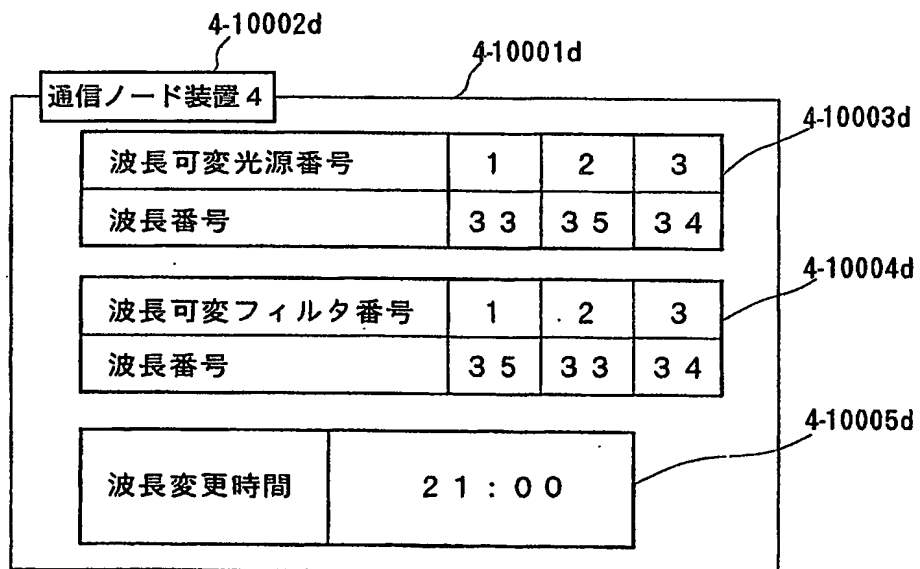
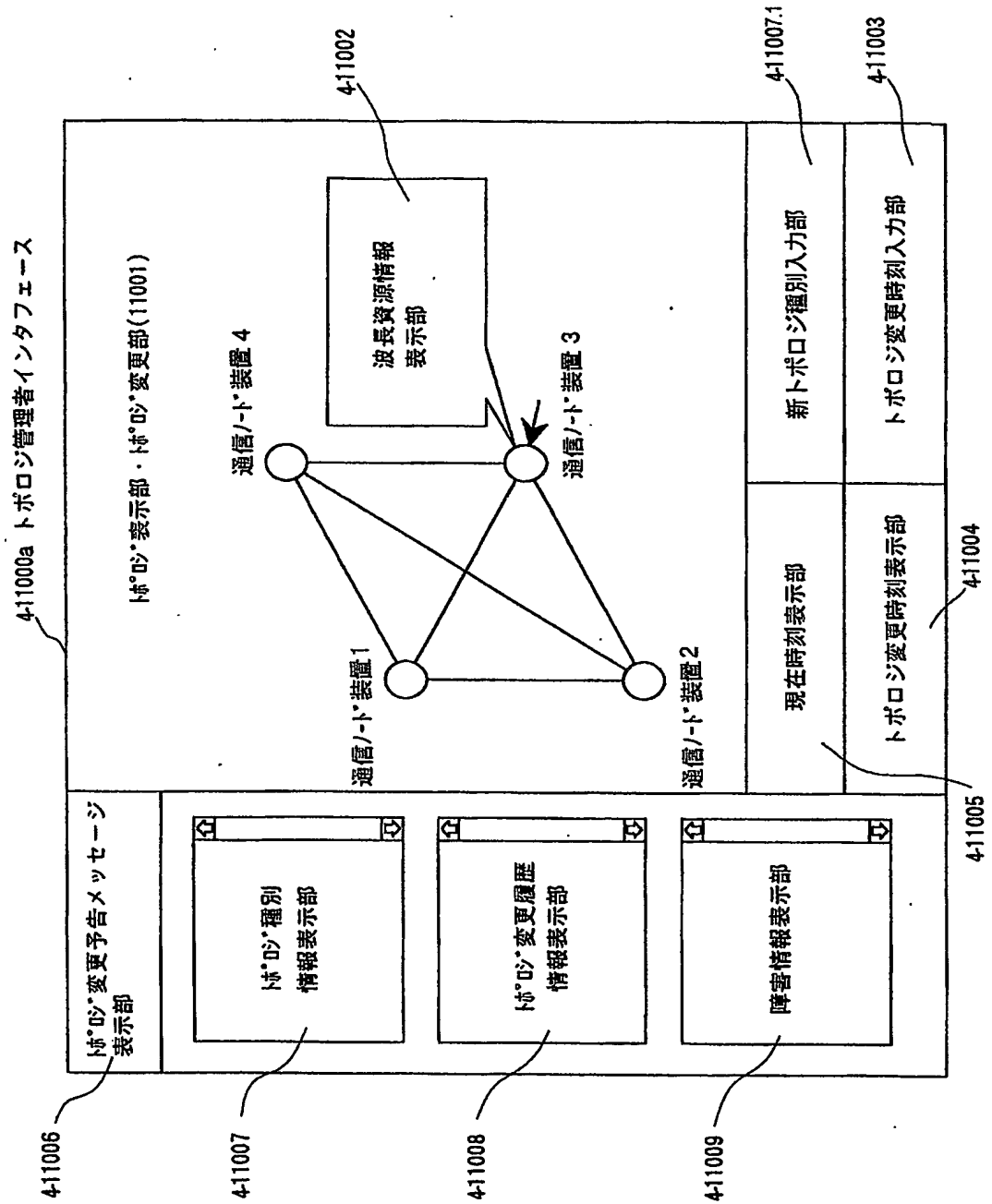


図 4 - 1 9



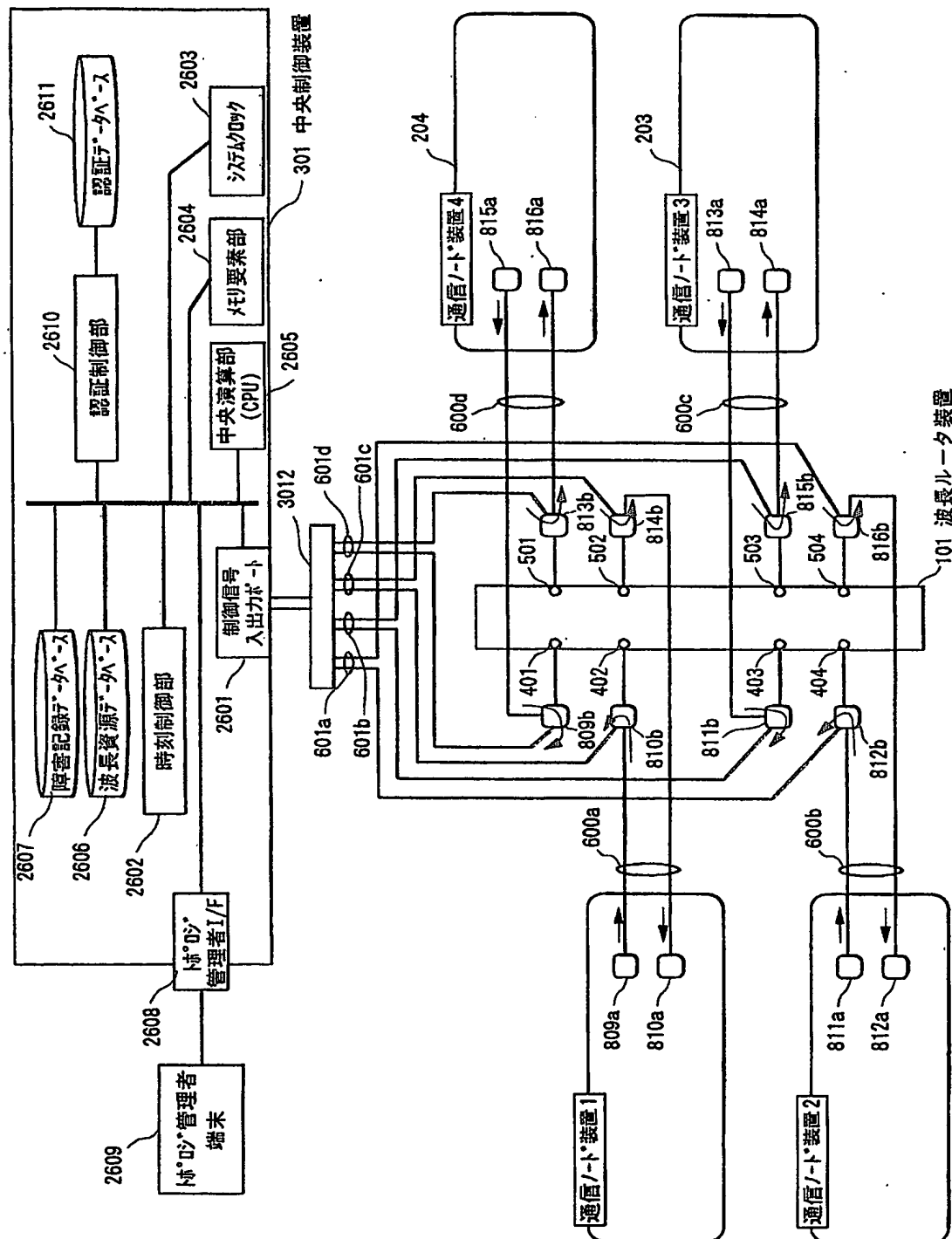
105/122

図 4-20

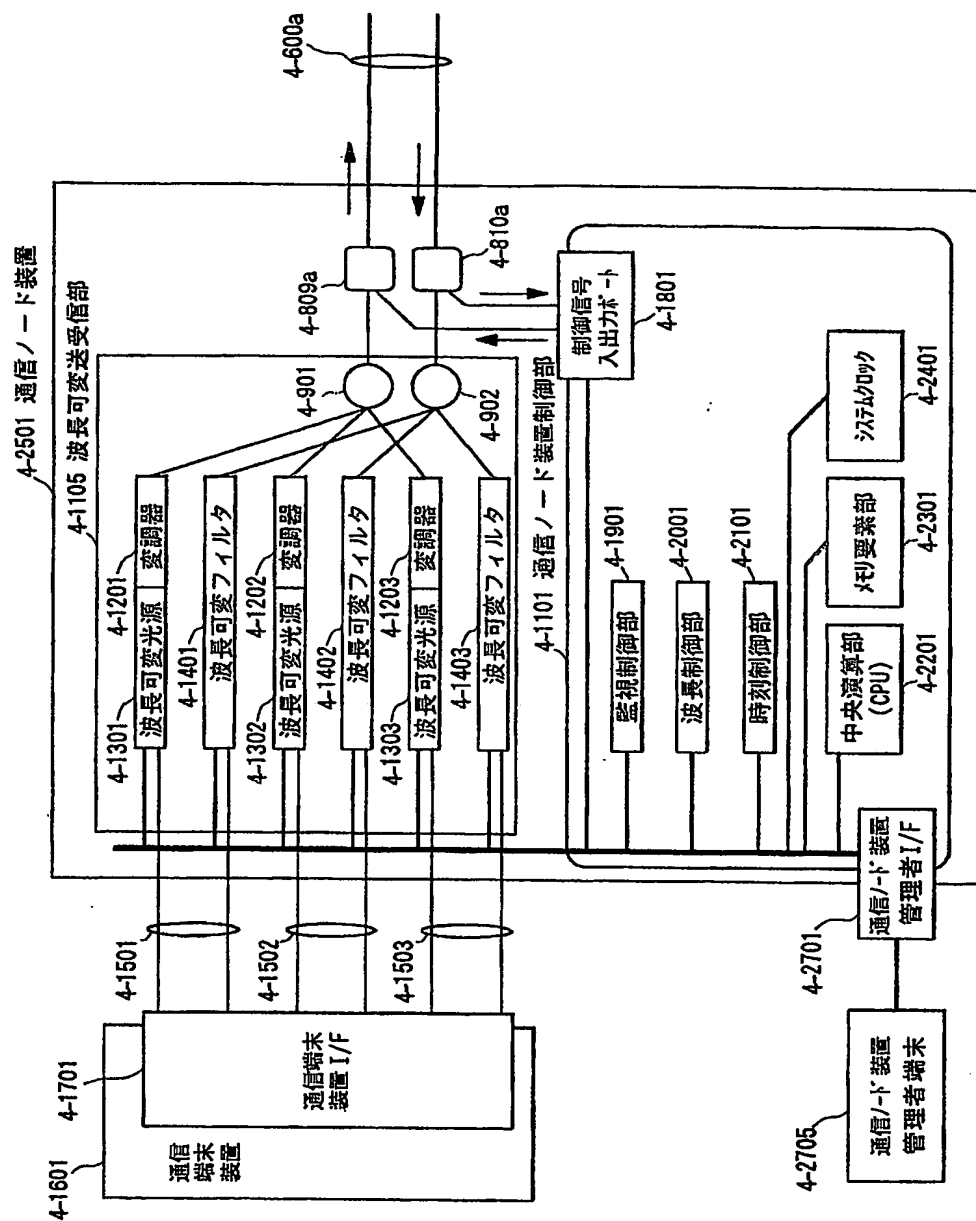


106/122

図4-21

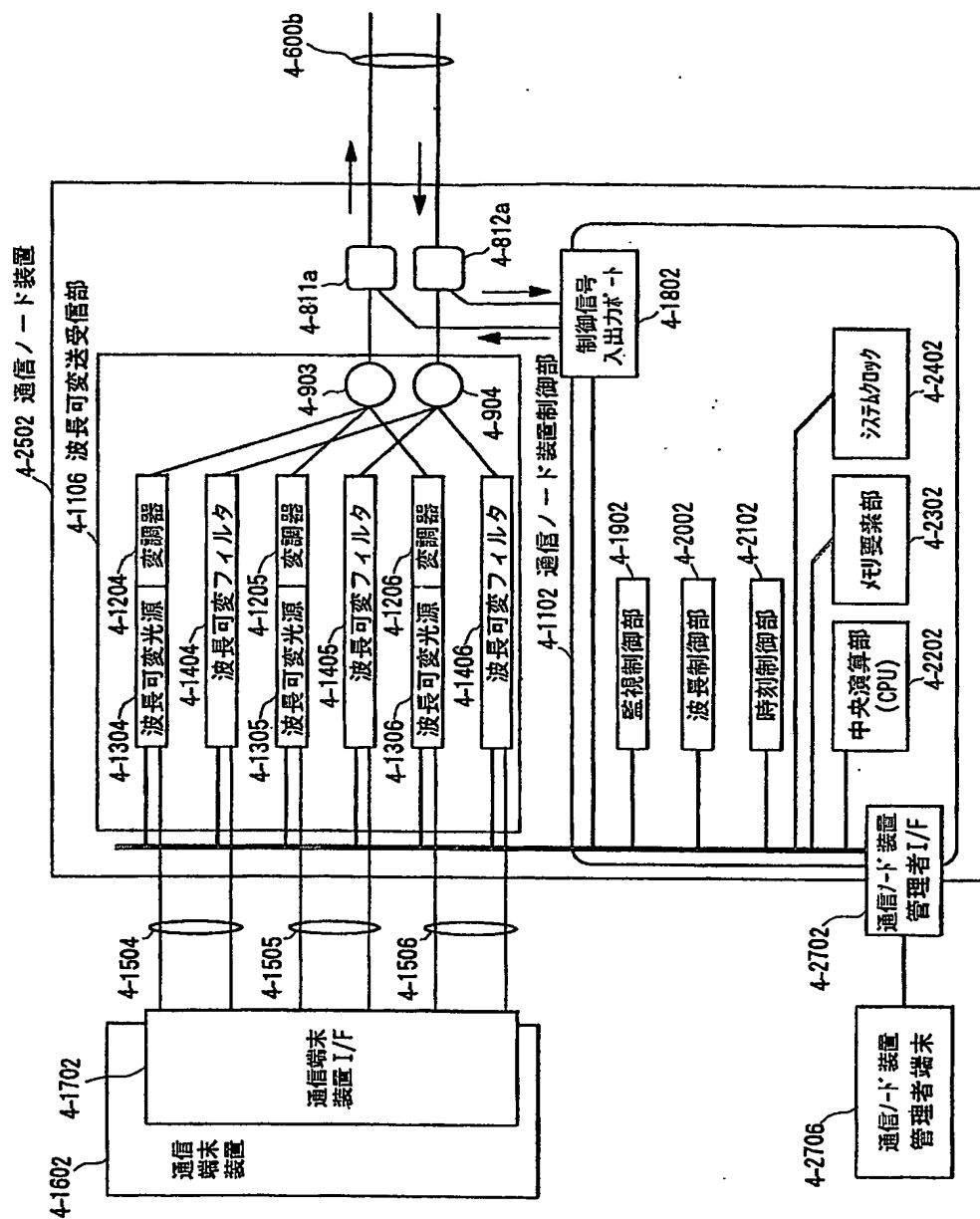


☒ 4-22



108/122

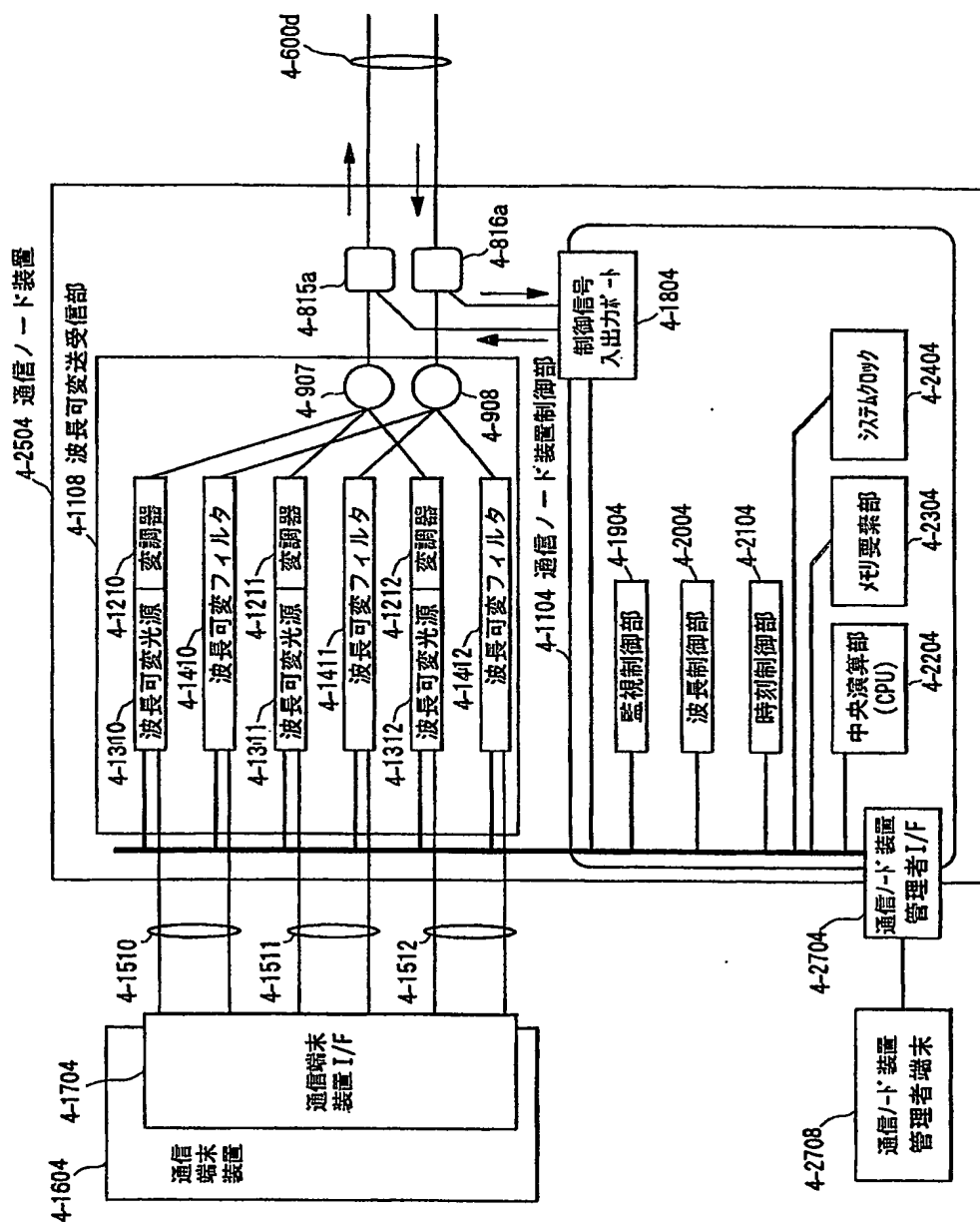
図 4-23





110/122

図 4-25

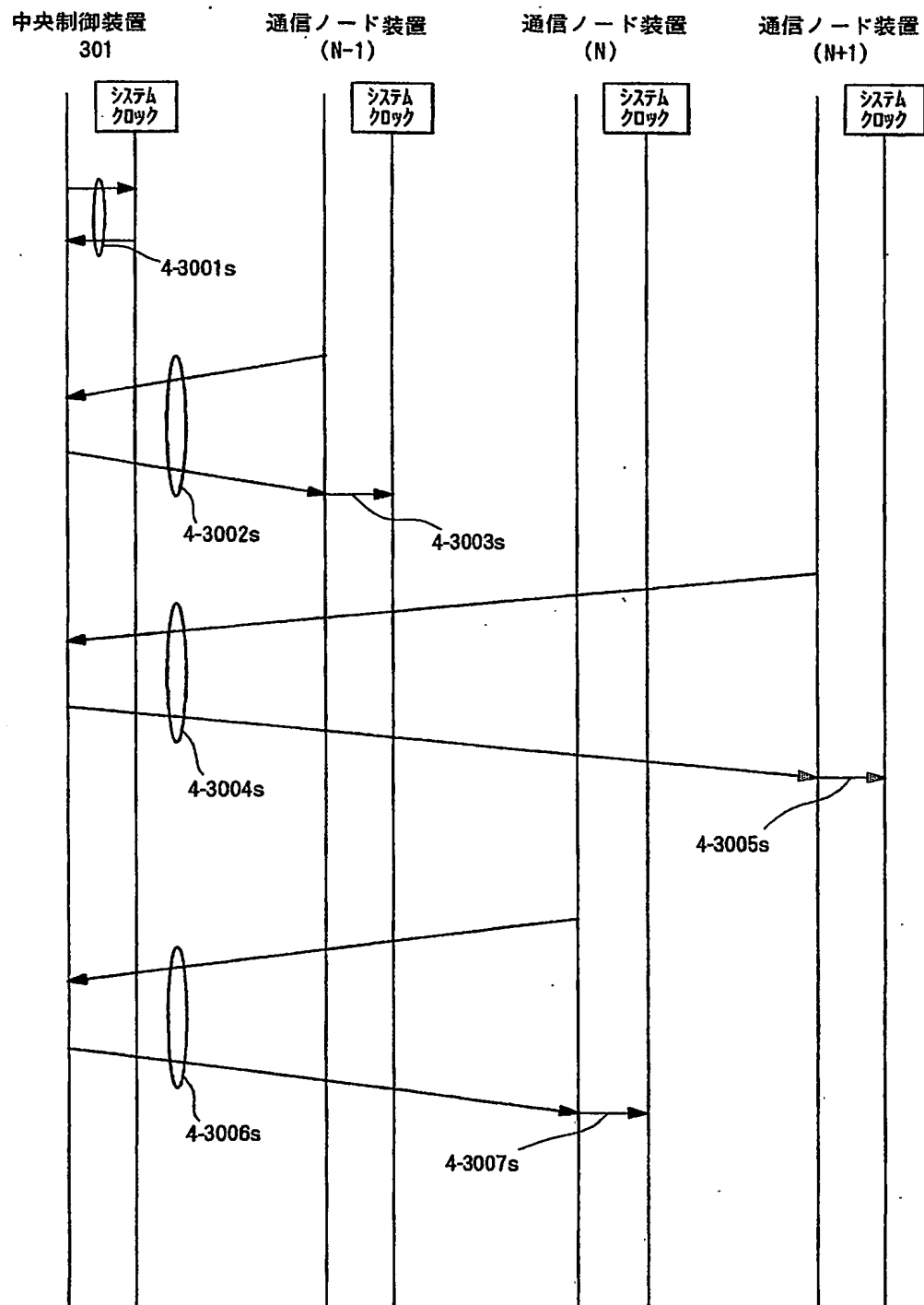


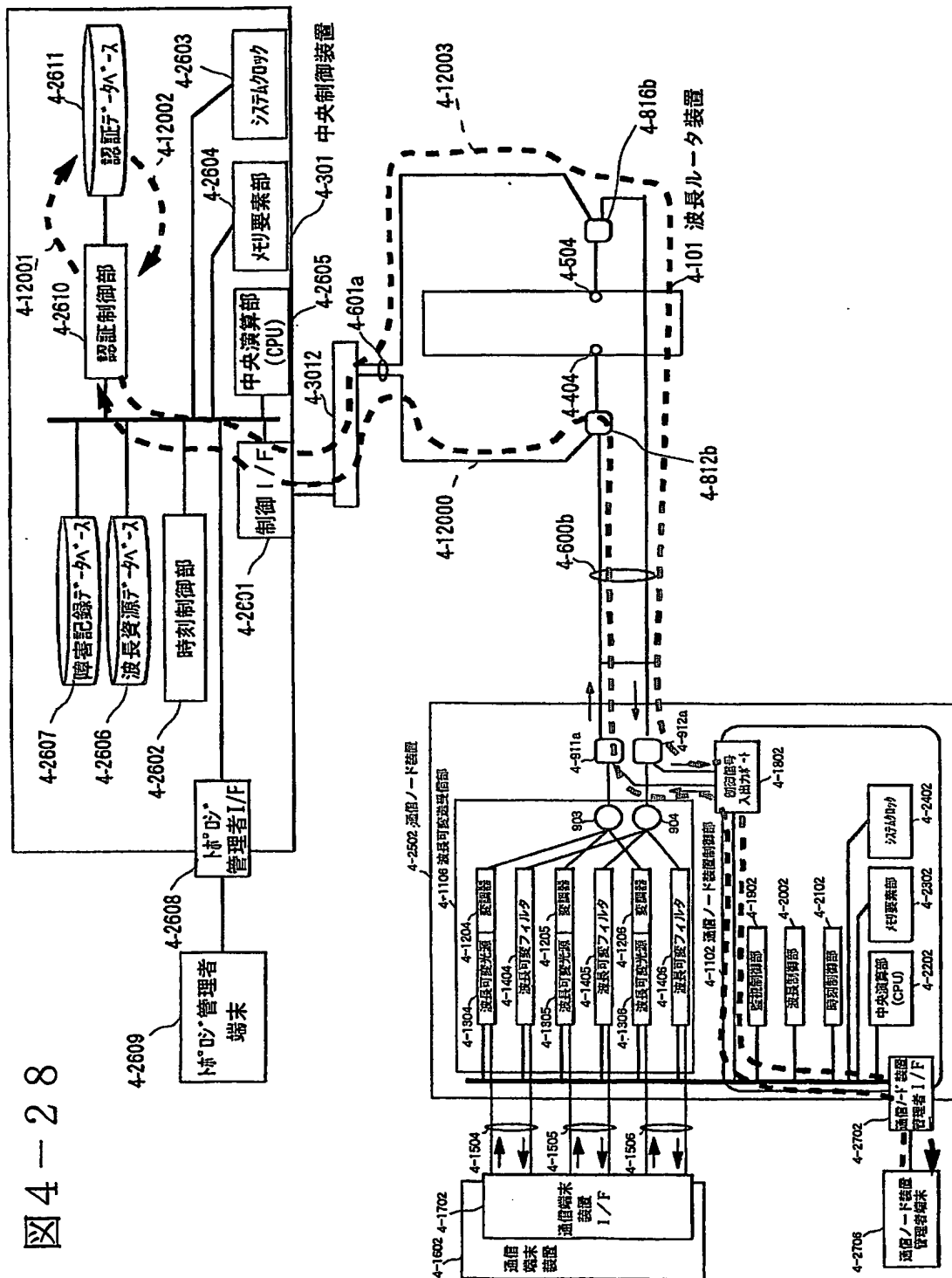




112/122

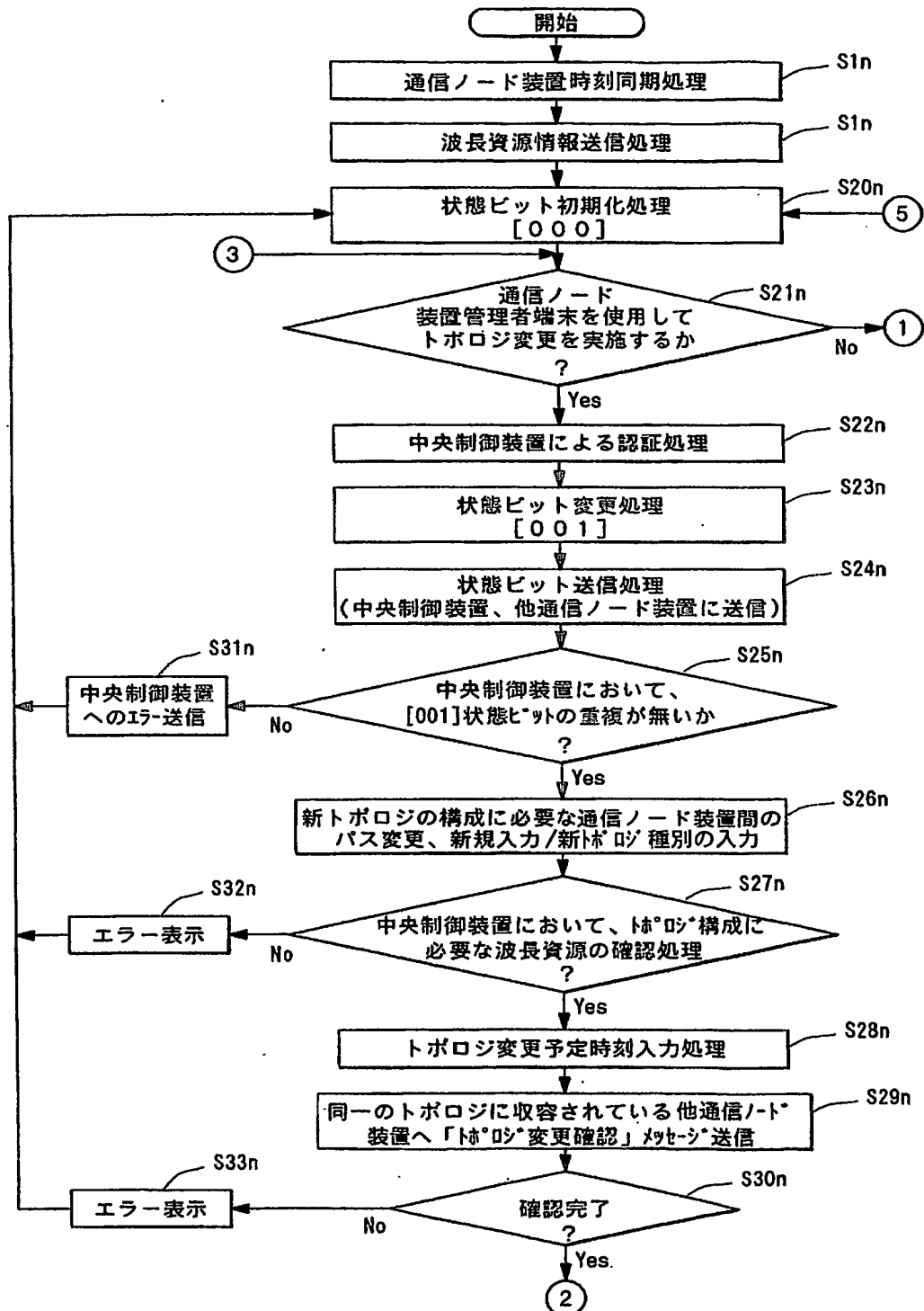
図 4-27





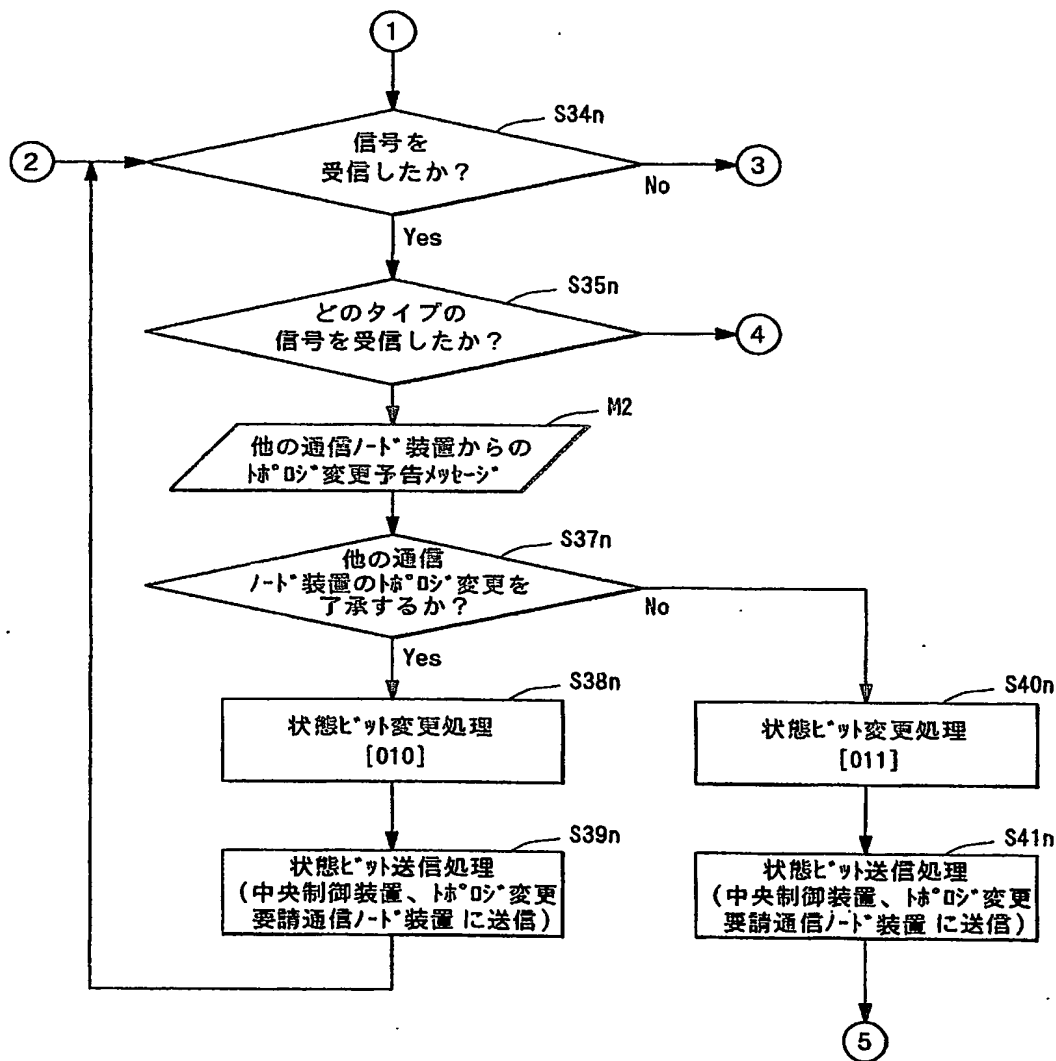
114/122

図 4 - 2 9



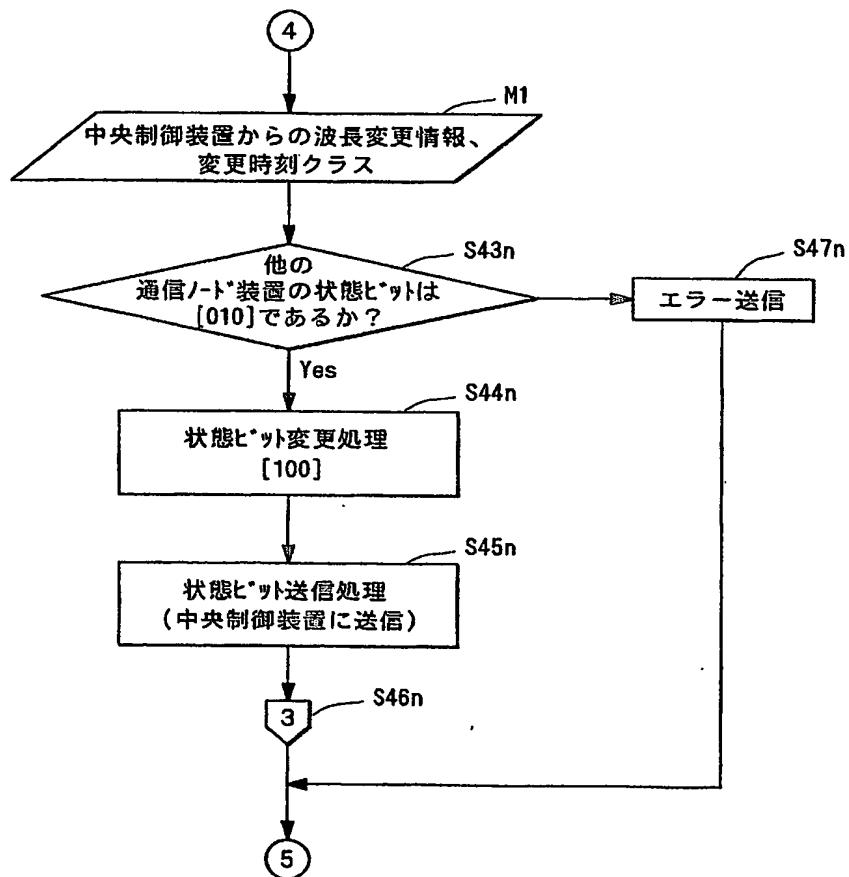
115/122

図 4 - 3 0



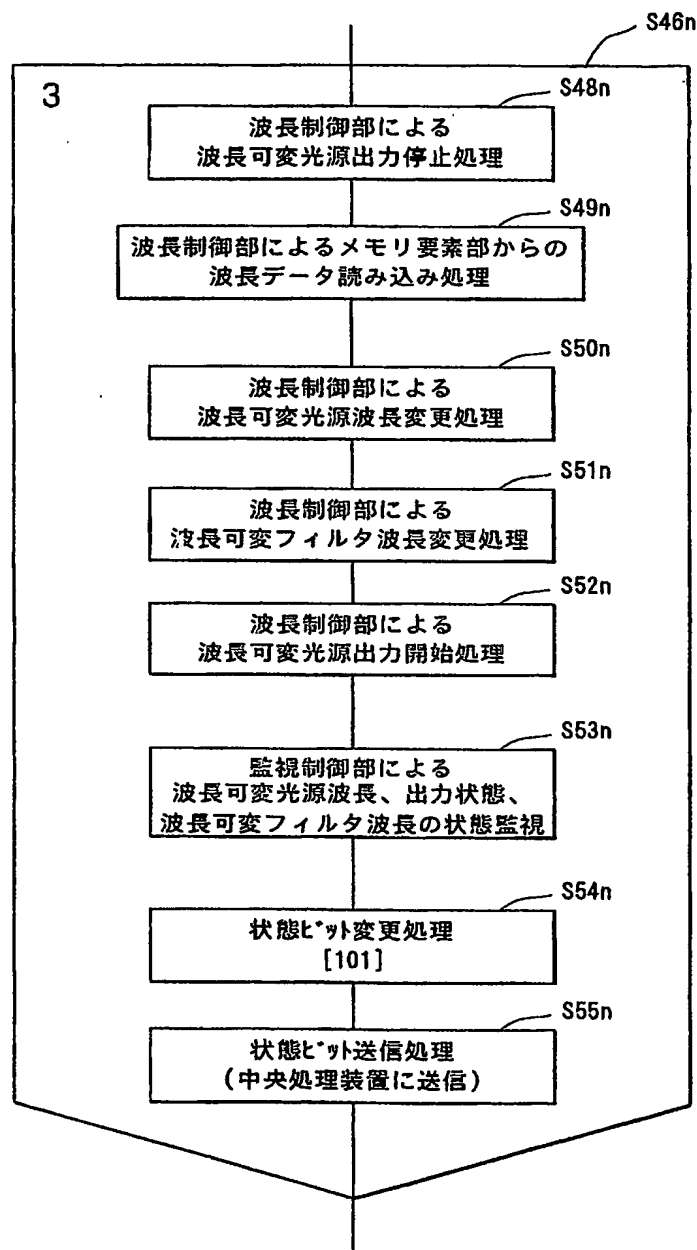
116/122

図 4 - 3 1



117/122

図 4 - 3 2



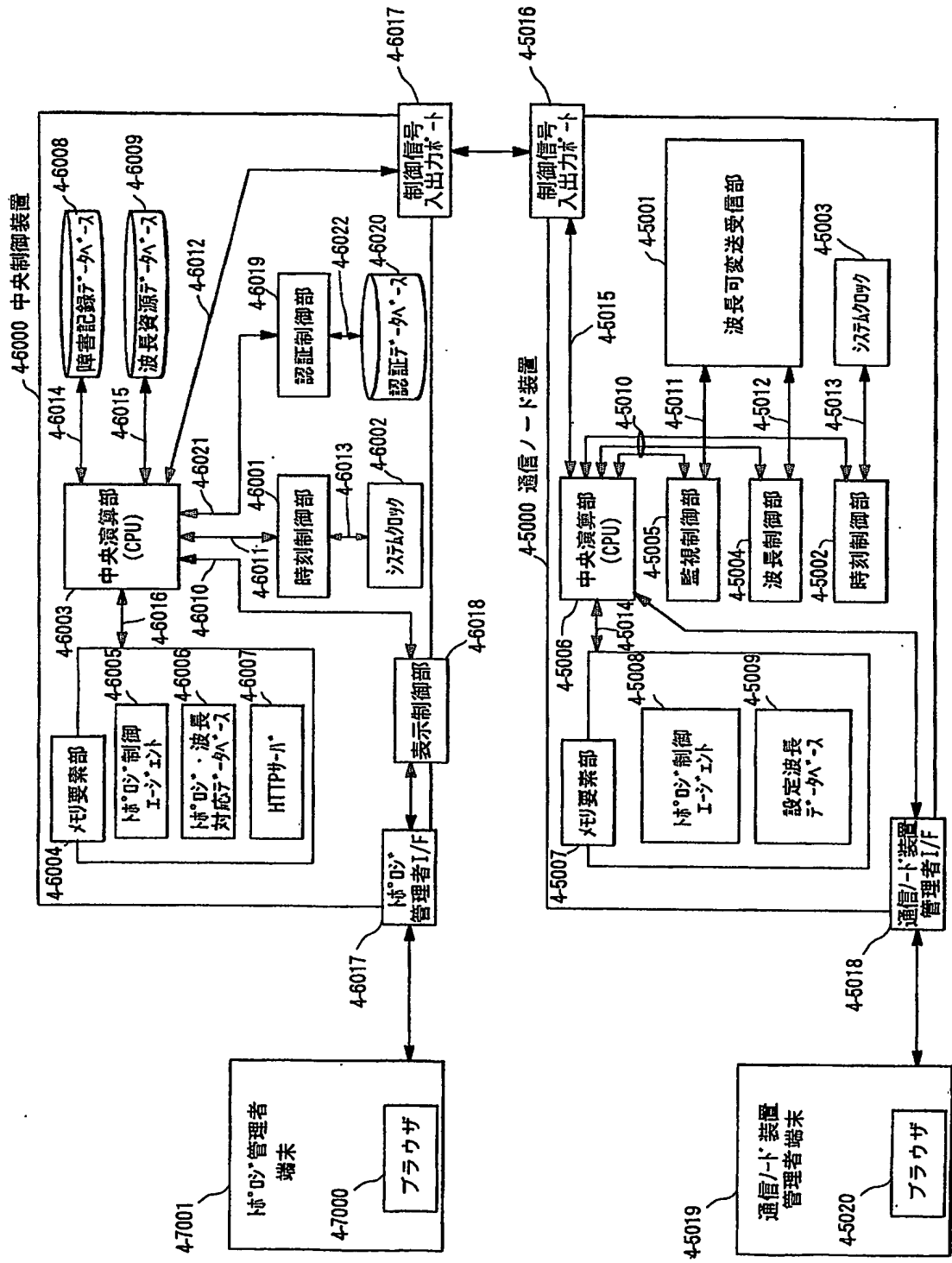
118/122

図 4-33

状態ビット	通信ノード装置状態
000	初期状態
001	トポロジ変更予約状態
010	他の通信ノード装置からのトポロジ変更要求受付完了状態
011	他の通信ノード装置からのトポロジ変更要求拒否状態
100	波長、変更時刻クラス受信完了状態
101	新波長への変更完了状態



図 4-34



120/122

図 4-35

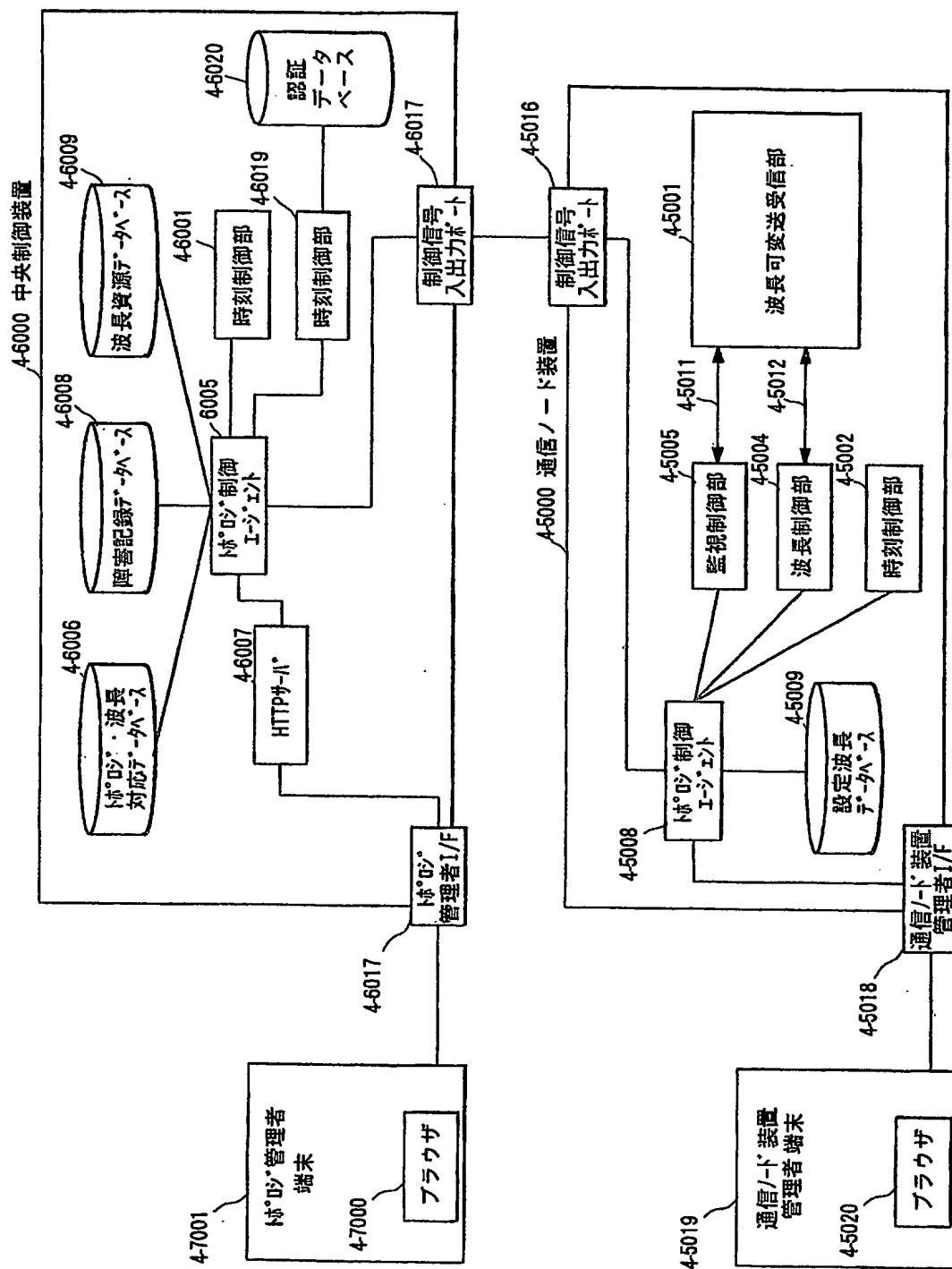


図 4-36

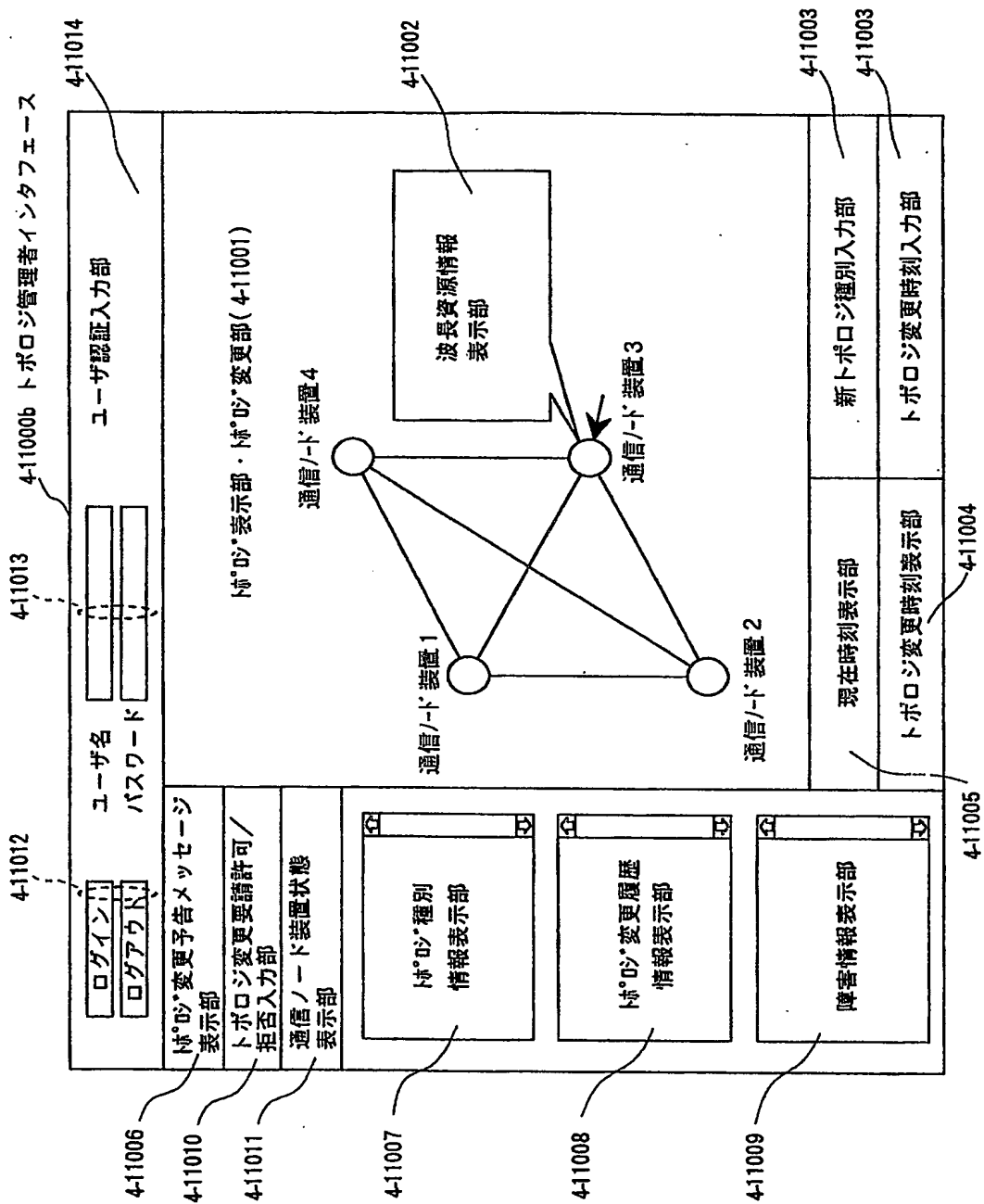
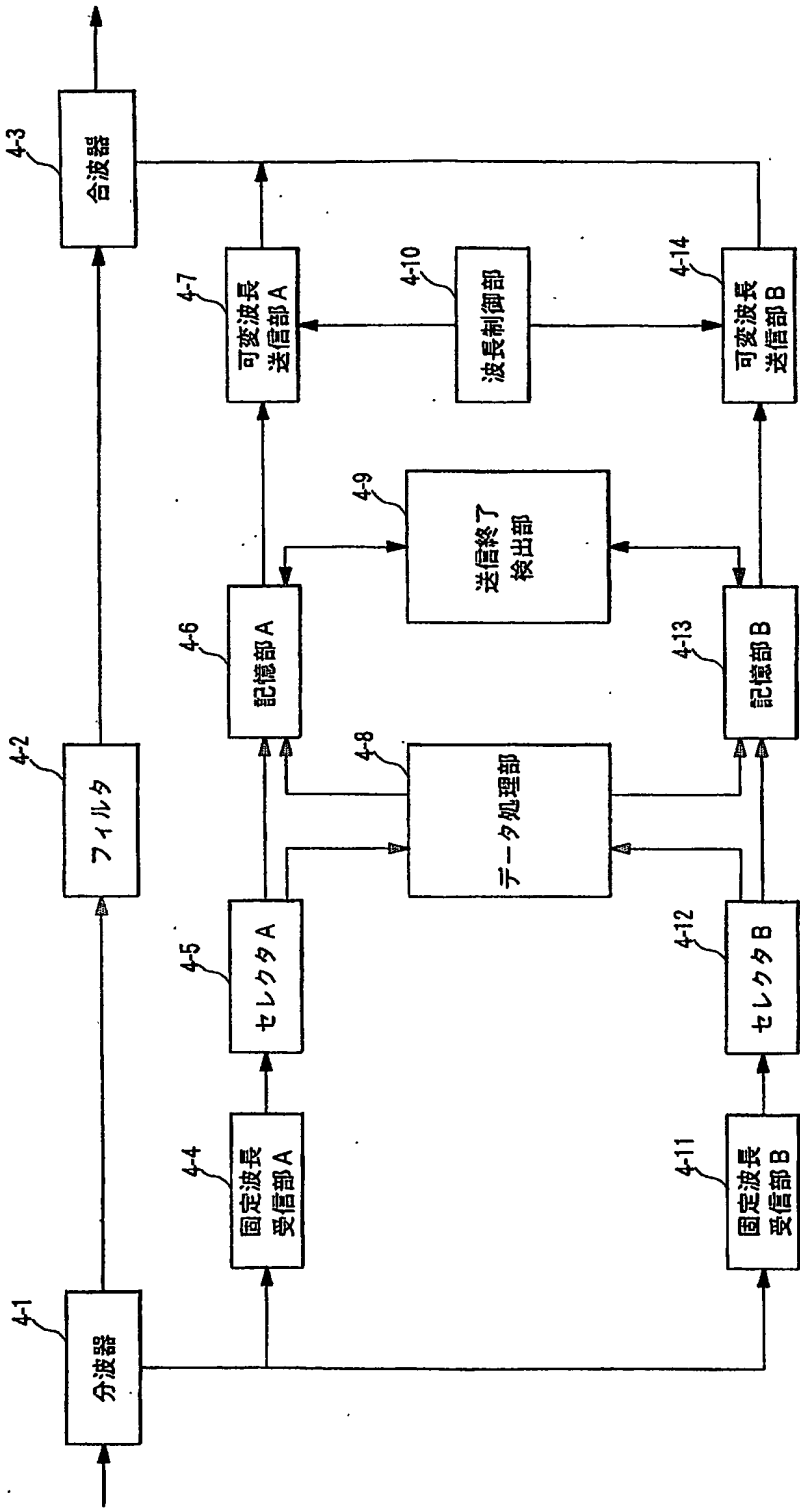


図 4-37



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001600

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04J14/02, H04B10/20, H04L12/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04J14/02, H04B10/20, H04L12/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS on the Web

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Chang-Joon Chae, A Flexible and Protected Virtual Optical Ring Network, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol.14, No.11, November 2002, pages 1626 to 1628	1, 4, 5, 11, 12, 15
X	Chang-Joon Chae, A Protected Optical Star-Shaped Ring Network Using an N×N Arrayed Waveguide Grating and Incoherent Light Sources, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol.13, No.8, August 2001, pages 878 to 880	1, 4, 5, 11, 12, 15
X	C.-J. Chae and R.S.Tucher, Virtual optical self-healing ring network over star-configured optical cable plant using N×N arrayed waveguide grating, ELECTRONICS LETTERS, 27 September, 2001 (27.09.01), Vol.37, No.20, pages 1241 to 1243	1, 4, 5, 11, 12-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 May, 2004 (12.05.04)

Date of mailing of the international search report  
01 June, 2004 (01.06.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001600

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-201112 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 18 July, 2000 (18.07.00), & WO 00/25457 A1 & CA 2316253 A & EP 1043847 A1 & CN 1112889 B	1-27

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04J14/02, H04B10/20, H04L12/44

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04J14/02, H04B10/20, H04L12/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS on the Web

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	Chang-Joon Chae, A Flexible and Protected Virtual Optical Ring Network, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 14, NO. 11, NOVEMBER 2002, p. 1626-1628	1, 4, 5, 11, 12, 15
X	Chang-Joon Chae, A Protected Optical Star-Shaped Ring Network Using an N×N Arrayed Waveguide Grating and Incoherent Light Sources, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 13, NO. 8, AUGUST 2001, p. 878-880	1, 4, 5, 11, 12, 15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.05.2004

国際調査報告の発送日

01.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

清水 稔

5 J

8525

電話番号 03-3581-1101 内線 6442

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	C.-J. Chae and R.S.Tucker, Virtual optical self-healing ring network over star-configured optical cable plant using N×N arrayed waveguide grating, ELECTRONICS LETTERS 27th September 2001, Vol. 37, No. 20, p. 1241-1243	1, 4, 5, 11, 12-15
A	JP 2000-201112 A (日本電信電話株式会社) 2000.07.18&WO 00/25457 A1&CA 2316253 A&EP 1043847 A1&CN 1112889 B	1-27